



SKRIPSI

PREPARASI MEMBRAN POLIVINILIN FLUORIDA/SELULOSA
ASETAT DENGAN PENAMBAHAN ADITIF POLIETILEN
GLIKOL UNTUK PENJERNIHAN JUS APEL

SHATILA JIHADIYAH FITRI
NRP. 1412 100 099

Dosen Pembimbing
Nurul Widiastuti, MSi., Ph.D.

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



BACHELOR THESIS

PREPARATION OF POLYVINYLDENE FLUORIDE/
CELLULOSE ACETATE BLEND MEMBRANE WITH
POLYETHYLENE GLYCOL ADDITIVE FOR APPLE JUICE
CLARIFICATION

SHATILA JIHADIYAH FITRI
NRP. 1412 100 099

Advisor Lecturer

Nurul Widiastuti, MSc., Ph.D.

CHEMISTRY DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

**PREPARASI MEMBRAN POLIVINILIDIN FLUORIDA/
SELULOSA/ASETAT DENGAN PENAMBAHAN ADITIF
POLIETILEN GLIKOL UNTUK PENJERNIHAN JUS
APEL**

SKRIPSI

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan
skripsi program S-1
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh :

SHATIKA JIHADIYAH FITRI
NRP. 1412 100 099

Surabaya, 15 Juli 2016

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN
PREPARASI MEMBRAN PVDF/SA DENGAN
PENAMBAHAN ADITIF PEG UNTUK
PENJERNIHAN JUS APEL

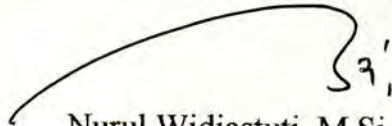
SKRIPSI

Oleh :

Shatila Jihadiyah Fitri
NRP. 1412 100 099

Surabaya, 15 Juli 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Nurul Widiastuti, M.Si, Ph.D
NIP. 19710425 199412 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia




Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc
NIP. 19710616 199703 1 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayahNya sehingga tugas akhir yang berjudul **“Preparasi Membran Polivinilidin Fluorida/Selulosa Asetat dengan Penambahan Aditif Polietilen Glikol untuk Penjernihan Jus Apel”** dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan dorongan dari semua pihak, untuk ini penulis sangat berterima kasih kepada :

1. Ibu Nurul Widiastuti, S.Si., M.Si., Ph.D, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memotivasi penulis.
2. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan di jurusan Kimia sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik, dan sebagai dosen wali atas segala arahan yang telah diberikan kepada penulis.
3. Dosen beserta karyawan Jurusan Kimia FMIPA ITS yang telah membantu.
4. Abi, dan mama, yang tidak pernah berhenti berdoa untuk kelancaran Tugas Akhir penulis.
5. Teman-teman mahasiswa Kimia FMIPA angkatan 2012 yang telah berjuang bersama untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Keluarga Muda Bersahabat BEM ITS 2013-2014 dan Keluarga Kolaborasi BEM ITS 2014-2015 yang telah memotivasi penulis dan menjadi keluarga selama kuliah di ITS Surabaya.
7. Keluarga PPI Istanbul yang telah membantu penulis selama menyelesaikan studi pertukaran pelajar di Istanbul, Turki.
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 15 Juli 2016

Penulis

*For all prayers in the night, the lullabies you
whispered me, and the stories you told me.
I dedicate this to you, mother and father.
With you, my knowledge shall be blessed with.*

PREPARASI MEMBRAN POLIVINILIDIN FLUORIDA/ SELULOSA ASETAT DENGAN PENAMBAHAN ADITIF POLIETILEN GLIKOL UNTUK PENJERNIHAN JUS APEL

Nama Mahasiswa : Shatila Jihadiyah Fitri
NRP : 1412 100 099
Jurusan : Kimia ITS
Pembimbing : Nurul Widiastuti, M.Si., Ph.D

Abstrak

Membran Polivinilidin Fluorida (PVDF)/Selulosa Asetat (SA) dengan penambahan polietilen glikol (PEG) sebagai aditif pada larutan cetak telah berhasil disintesis, performa membran dan aplikasinya untuk mereduksi warna coklat pada jus apel. Preparasi dilakukan dengan mereaksikan SA dan PVDF dalam larutan dimetilasetamida (DMAc) serta aditif PEG pada suhu 60 °C selama 24 jam. Variasi dilakukan pada persentase berat PEG yang ditambahkan, yaitu 0, 1%, 3%, dan 5%. Penambahan PEG menyebabkan kenaikan porositas, fluks, dan penurunan rejeksi membran. Hasil karakterisasi morfologi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Atomic Force Microscope* (AFM), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan adanya peningkatan ukuran pori, persebaran pori, dan kekasaran permukaan. Uji kekeruhan memperlihatkan hasil dengan jus apel yang lebih 95,1% pada membran dengan penambahan PEG sebanyak 1%.

Kata kunci : PVDF, Selulosa Asetat, PEG,, Pencoklatan Apel, Membran blend

PREPARATION OF POLYVINYLIDENE FLUORIDE/ CELLULOSE ACETATE BLEND MEMBRANE WITH POLYETHYLENE GLYCOL ADDITIVE FOR APPLE JUICE CLARIFICATION

Name : Shatila Jihadiyah Fitri
NRP : 1412 100 099
Department : Chemistry ITS
Advisor Lecturer : Nurul Widiastuti, M.Si., Ph.D

Abstract

Polyvinylidene Fluoride (PVDF)/Cellulose Acetate (CA) blend membrane with polyethylene (PEG) addition of casting solution were synthesized to determine its morphology and application to reduce the brown colour of apple juice. The membranes were prepared from blends of CA and PVDF, dimethylacetamide (DMAc) as solvent, PEG as additive, to be reacted as in 60 °C for 24 hours. The variation of PEG weight percentage were 0, 1%, 3%, and 5%. The addition of PEG increased porosity, fluks, and decreased membran rejection. Scanning Electron Microscope (SEM), Atomic Force Microscope (AFM), and Fourier Transform Infrared (FTIR) were applied to evaluate the morphology of membranes, which investigated increasing of pore size, pore distribution, and surface roughness. Clarification by membrane with 1% PEG was obtained 95,1% clearer than the pure sample.

Keywords : *PVDF, Cellulose Acetate, PEG, Apple Browning, Blend Membrane*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Penelitian	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Industri Membran dan Aplikasinya pada Industri Makanan	7
2.2. Pencoklatan Apel	8
2.3. Membran Polimer	9
2.4. PVDF (Polivinilidin Florida)	11
2.5. Selulosa Asetat (SA)	14
2.6. Polietilen Glikol	16
2.7. Metode Preparasi Membran PVDF/SA dengan Penambahan PEG.....	19
2.8. Karakterisasi Membran dengan Penambahan PEG	21
2.8.1. Scanning Electron Microscope (SEM)	21
2.8.2 Atomic Force Microscope (AFM).....	22

2.8.3. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	24
2.9. Turbidimeter.....	25
2.10. <i>Dead-end Filtration</i>	25
BAB III. METODE PENELITIAN	27
3.1. Alat	27
3.2. Bahan	27
3.3. Prosedur	27
3.3.1. Preparasi Membran PVDF/SA dengan Penambahan PEG.....	27
3.3.2. Karakterisasi Membran.....	28
3.3.2.1. Morfologi Membran	28
3.3.2.2. Uji Porositas	28
3.3.2.3. Uji Fluks Air Murni	29
3.3.3. Uji Reduksi Warna Coklat pada Jus Apel	29
3.3.3.1. Uji Kekeruhan	29
3.3.3.2. Uji Performa Membran Setelah Digunakan untuk Menyaring Jus Apel	30
3.3.3.3. Uji Morfologi Membran Setelah Digunakan untuk Menyaring Jus Apel	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Variasi Penambahan PEG dan Preparasi Membran	31
4.2. Karakterisasi Morfologi Membran PVDF/SA dengan Penambahan PEG	33
4.3. Karakterisasi Performa Membran	40
4.6. Aplikasi Membran Terhadap Reduksi Warna Coklat Jus Apel	43

4.6.1. Performa Membran Terhadap Filtrasi Jus Apel ...	43
4.6.2. Morfologi Membran Setelah Filtrasi Jus Apel	48
4.6.3. Interaksi Antara Membran dan Retentat	50
BAB IV. KESIMPULAN	55
1. Kesimpulan	55
2. Saran	56
Daftar Pustaka	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Perbandingan membran yang terjual dalam industri	8
Gambar 2.2	Proses pencoklatan pada jus apel	9
Gambar 2.3	PVDF dalam bentuk pelet yang digunakan untuk preparasi membran.....	9
Gambar 2.4.	Monomer PVDF	11
Gambar 2.5	Penampang melintang membran PVDF yang disintesis dengan Metode NIPS dan TIPS	13
Gambar 2.6	Penampang melintang dan permukaan dari membran PVDF dengan pelarut DMAc yang diidentifikasi dengan SEM	14
Gambar 2.7	Struktur Selulosa Asetat	14
Gambar 2.8	Bubuk selulosa asetat yang digunakan untuk preparasi membran	15
Gambar 2.9	Membran selulosa asetat dalam pelarut DMAc yang dikarakterisasi dengan SEM pada permukaan dan penampang melintang	15
Gambar 2.10.	Kekerasan permukaan membran pada selulosa asetat yang dikarakterisasi dengan AFM	16
Gambar 2.11.	Rumus kimia PEG	17
Gambar 2.12.	Penampang melintang pada membran selulosa asetat yang dimodifikasi dengan penambahan PEG 0%, 5%, dan 10%	17

Gambar 2.13.	Penampang melintang dari membran PVDF dengan Pelarut DMAc dengan penambahan PEG 200, 1000, 6000, 10000, dan 20000	18
Gambar 2.14.	Persebaran pori pada membran asimetris yang ditunjukkan dengan hasil SEM	20
Gambar 2.15.	Metode inversi fasa dengan teknik (a) proses kering (b) perubahan suhu, dan (c) proses basah	20
Gambar 2.16.	Perbandingan penampang melintang membran PVDF/SA dengan membran PVDF murni	21
Gambar 2.17.	Cara kerja AFM	22
Gambar 2.18.	Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/Zirkonia dengan variasi zirkonia	23
Gambar 2.19.	Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/CTFE dengan variasi penambahan aditif PEG-LiCl	23
Gambar 2.20.	Skema alat spektroskopi FTIR	24
Gambar 2.21	Skema alat turbidimeter	25
Gambar 2.22	Ilustrasi metode penjernihan <i>dead-end</i>	26
Gambar 4.1.	Proses Inversi fasa pada preparasi membran PVDF/SA dengan variasi penambahan PEG	32
Gambar 4.2.	Membran yang dihasilkan	33
Gambar 4.3.	Perbandingan hasil SEM penampang melintang pada membran	34
Gambar 4.4.	Perbandingan persebaran dan ukuran pori pada penampang membran yang dikarakterisasi dengan SEM	36

Gambar 4.5.	Hasil karakterisasi AFM pada membran	38
Gambar 4.6.	Spektra Membran sebelum dan setelah penambahan PEG	39
Gambar 4.7.	Porositas Membran PVDF/SA terhadap variasi PEG	41
Gambar 4.8.	Fluks air murni membran terhadap variasi PEG	42
Gambar 4.9.	Perbandingan hasil penyaringan jus apel menggunakan membran PVDF/SA dengan variasi penambahan PEG	44
Gambar 4.10.	Fluks permeat terhadap variasi PEG	45
Gambar 4.11.	Perbandingan permukaan membran sebelum penyaringan dan setelah penyaringan	48
Gambar 4.12.	Hasil karakterisasi penampang melintang membran sebelum dan setelah filtrasi...	49
Gambar 4.13.	Hasil karakterisasi AFM pada permukaan membran (a) sebelum filtrasi (b) setelah filtrasi	49
Gambar 4.14.	Spektra FTIR membran (a) sebelum dilakukan filtrasi dan (b) setelah dilakukan filtrasi	50
Gambar 4.15.	Warna coklat pada membran yang tampak setelah filtrasi jus apel	52
Gambar 4.16.	Reaksi umum terjadinya pencoklatan pada jus buah	53
Gambar 4.17.	Senyawa polimer coklat kompleks pada yang menyebabkan pencoklatan pada jus apel	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Metode Reduksi Proses Pencoklatan dan Reduksi Warna Coklat pada Jus Apel	10
Tabel 2.2.	Perbedaan antara metode NIPS dan TIPS	12
Tabel 3.1.	Komposisi Membran	28
Tabel 4.1	Pita serapan pada spektra membran PVDF/SA	40
Tabel 4.2.	Performa Membran	43
Tabel 4.3.	Nilai Kekeruhan pada hasil penyaringan jus apel menggunakan membran PVDF/SA dengan penambahan PEG	44
Tabel 4.4.	Nilai rejeksi pada hasil filtrasi jus apel menggunakan membran PVDF/SA dengan penambahan PEG	46
Tabel 4.5.	Pita serapan pada membran sebelum dan setelah filtrasi	51

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. SKEMA KERJA	i
A.1. Preparasi Membran PVDF/SA	i
A.2. Uji Porositas	ii
LAMPIRAN B. PERHITUNGAN	iii
B.1. Komposisi Variasi Sampel	iii
B.1.1. Membran PVDF/SA 17% PEG 0%	iii
B.1.2. Membran PVDF/SA 16% PEG 1%	iii
B.1.3. Membran PVDF/SA 14% PEG 3%	iv
B.1.4. Membran PVDF/SA 12% PEG 5%.....	iv
B.2. Uji Fluks air Murni	v
B.3. Uji Porositas	v
LAMPIRAN C. HASIL UJI MEMBRAN	vi
C.1. Data Hasil Uji Fluks Air Murni	vi
C.2. Data Hasil Uji Porositas	vii
C.3. Data Hasil Uji Fluks Permeat	viii
LAMPIRAN D. DATABASE KARAKTERISASI	ix
D.1. Karakterisasi AFM	ix
D.1.1. Membran PVDF/SA 17% PEG 0%.....	ix
D.1.2. Membran PVDF/SA 16% PEG 1%.....	ix
D.1.3. Membran PVDF/SA 14% PEG 3%.....	x
D.1.4. Membran PVDF/SA 12% PEG 5%.....	x
D.1.5. Membran PVDF/SA 16% PEG 1% setelah penjernihan	xi

D.2.	Karakterisasi FTIR	xii
D.2.1.	Membran PVDF/SA 17% PEG 0%	xii
D.2.2.	Membran PVDF/SA 16% PEG 1%	xiii
D.2.3.	Membran PVDF/SA 12% PEG 5%.....	xiv
D.2.4.	Membran PVDF/SA 16% PEG 1% setelah penjernihan	xv

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Membran merupakan sebuah lapisan tipis yang bersifat semipermeabel yang menjadi pembatas antara dua fase yang berfungsi sebagai media pemisah selektif berdasarkan koefisien difusi, muatan elektrik, dan perbedaan kelarutan (Kusworo, dkk., 2013). Belakangan ini, teknologi membran merupakan teknologi yang sudah menjadi kebutuhan dunia, mulai industri hingga kesehatan, seiring dengan banyaknya teknologi penggunaan membran yang dinilai praktis pada fungsinya. Freedonia group Inc, sebuah lembaga riset industri mencatat, penggunaan membran bahkan akan meningkat di tahun 2019 sebanyak 8,5% dengan permintaan senilai USD 26,3 milyar dengan rata-rata atas membran reverse osmosis, ultrafiltrasi, dan nanofiltrasi, dan mikrofiltrasi. Hal ini tidak lepas dari banyaknya keuntungan penggunaan membran yang signifikan dibandingkan dengan alat pemisahan yang lainnya, seperti tidak ada perubahan fase, modul yang mudah dimodifikasi, operasional yang sederhana, penggunaan energi yang relatif rendah, dan lain-lain (Kang, dkk., 2014). Salah satu industri yang banyak memanfaatkan teknologi membran adalah industri makanan.

Dalam industri makanan, proses penjernihan merupakan proses yang penting karena dapat digunakan untuk menstabilkan konsentrasi larutan (seperti jus, air, minyak, dan sirup) dengan pemisahan partikel padatan. Proses penjernihan yang digunakan bervariasi berdasarkan hasil yang ingin dicapai, antara lain osmosa balik, nanofiltrasi, ultrafiltrasi, dan mikrofiltrasi (Fuenmayor, dkk., 2014). Salah satu industri makanan yang paling banyak memerlukan proses ini adalah industri minuman yang memiliki produk berupa jus buah, seperti apel, pir, leci, stroberi, dan nanas (Echavarria, dkk., 2011). Dalam industri ini, masalah yang sering terjadi adalah pencoklatan, yaitu proses perubahan warna menjadi coklat yang dapat mengakibatkan tampilan yang kurang menarik. Jus buah yang paling mudah mengalami proses ini adalah jus apel, karena memiliki enzim pencoklatan yang paling banyak dibandingkan buah lain (Lee, dkk., 2016). Untuk mencegahnya, cara konvensional yang dilakukan adalah perlakuan enzim (inhibisi enzim) dengan

pemanasan pada suhu tertentu ataupun penambahan zat lain pada jus yang berfungsi memperlambat kerja enzim pencoklatan, seperti penambahan bawang pada jus apel yang dilakukan Lee dkk. (2016). Cara konvensional ini dinilai kurang efektif, karena pemanasan selama 96 °C yang dilakukan selama 1 jam bisa mengurangi kualitas nutrisi jus buah, dan penambahan zat lain yang dapat mempengaruhi kualitas rasa. Oleh sebab itu, para ahli berinovasi mengurangi warna coklat pada jus buah tersebut dengan proses penjernihan, sehingga kerja pabrik menjadi lebih efektif. Proses penjernihan dikembangkan untuk dapat sekaligus memisahkan komponen partikel padat, dan bakteri, serta mereduksi warna coklat pada jus. Pengembangan ini dilakukan dengan memodifikasi penggunaan filter dengan membran.

Beberapa membran polimer banyak diteliti aplikasinya untuk industri makanan untuk mereduksi warna coklat pada jus apel. Beberapa polimer yang digunakan adalah nilon (Fuenmayor, dkk., 2014), dan polietersulfon/polivinilpirrolidon (PES/PVP) (Borneman, dkk., 2001). Bahan polimer yang digunakan untuk aplikasinya terhadap industri makanan ini diharuskan bersifat aman dan memiliki resistansi yang tinggi terhadap reaksi kimia. Salah satu bahan yang memiliki sifat tersebut dan dapat digunakan sebagai bahan membran adalah polivinilidena fluorida (PVDF) dan selulosa asetat (SA).

PVDF merupakan polimer semikristalin dengan unit pengulangan $-(CH_2CF_2)_n-$ dengan kekuatan mekanik yang tinggi, resistansi kimia yang bagus, serta stabilitas termal yang tinggi. PVDF juga memperlihatkan proses yang bagus dalam preparasi membran datar (*flat*), *hollow fiber*, ataupun tubular (Kang, dkk., 2014). PVDF juga dapat larut dalam berbagai macam pelarut, salah satunya N,N-dimetil-asetamida (DMAc), seperti yang dibahas dalam penelitian ini. Sifat PVDF inilah yang membuatnya banyak menjadi bahan riset baik dalam sains ataupun industri (Kang, dkk., 2014). Namun sayangnya, membran PVDF terkendala dalam penyumbatan air dan pembasahan pada membran. Hal ini akan mereduksi efisiensi membran dan degradasi performa membran karena sifat PVDF yang hidrofobik (Kang dan Cao, 2014). Untuk mengurangi kendala tersebut, membran PVDF dapat dimodifikasi dengan cara *blending* yaitu metode pencampuran membran.

Blending merupakan salah satu cara yang praktis untuk memodifikasi membran polimer dengan mencampurkan beberapa bahan berbeda untuk dijadikan larutan cetak, yang dapat diaplikasikan dalam skala industri. Metode *blending* polimer yang berbeda akan mengubah sifat khas dari masing-masing polimer tersebut dalam membran yang terbentuk (Razzaghi, dkk., 2014). Tujuan dari *blending* membran ini adalah untuk mereduksi kekurangan membran, dan menguatkan sifat lainnya, sesuai dengan fungsi pengaplikasiannya sebagai membran. Melalui metode *blending*, PVDF sudah banyak dimodifikasi dengan bahan polimer lain, maupun bahan anorganik, seperti ZnO, TiO₂, SiO₂, heksafluoropropilena (HFP), polietersulfon (PES), dan lain-lain. Salah satu riset yang dilakukan Razzaghi dkk adalah modifikasi PVDF dengan Selulosa Asetat untuk mengurangi sifat hidrofobik PVDF sehingga dapat mengurangi penyumbatan.

Selulosa asetat salah satu bahan kimia yang ramah lingkungan yang banyak diaplikasikan sebagai membran dalam industri makanan karena tidak beracun dan harganya yang relatif terjangkau (Bongsuwan, 2008). Membran selulosa asetat dikenal bersifat sangat hidrofilik, sehingga memiliki resistansi tinggi terhadap penyumbatan. Sifat inilah yang mampu mereduksi sifat penyumbatan air dan pembasahan pada membran PVDF yang hidrofobik (Mark, dkk., 1968). Namun, membran ini memiliki beberapa kekurangan, antara lain tidak stabil, dan rapuh. (Razzaghi, dkk., 2014). Kekurangan ini dapat direduksi oleh sifat membran PVDF yang kuat, dan memiliki resistansi yang sangat tinggi, sehingga kedua bahan dapat saling menguatkan sifat masing-masing. Sayangnya, dalam penelitian Razzaghi dkk. (2014), penyumbatan masih menjadi kendala membran PVDF/SA, sehingga masih perlu dilakukan modifikasi lanjut terhadap membran ini. Modifikasi tersebut dapat dilakukan dengan penambahan aditif. Seperti efek pori yang lebih besar, atau kekuatan mekanis membran yang lebih tinggi. Aditif yang banyak digunakan untuk modifikasi membran polimer antara lain bahan polimer, bahan organik, garam anorganik, dan berbagai jenis asam (Zheng, dkk., 2016). Dari berbagai macam aditif tersebut, aditif yang paling efektif untuk meningkatkan performa membran dan mengurangi penyumbatan adalah polietilen glikol (PEG) (Zuo., dkk., 2008).

Penambahan PEG sebagai aditif pada membran selulosa asetat dan PVDF telah diteliti secara terpisah. Penambahan PEG pada membran selulosa asetat telah diketahui sebagai material organik pembentuk pori, sehingga pori akan membesar dan meningkatkan fluks (Kusworo, dkk., 2013). Penambahan PEG pada beberapa modifikasi PVDF juga berpengaruh terhadap ukuran pori membran, seperti yang dilakukan oleh Zuo dkk. (2008) terhadap membran PVDF. Pori membran yang dihasilkan semakin besar, dan penyerapan terhadap air murni juga meningkat. Hal ini dapat mengurangi risiko penyumbatan yang terjadi pada membran PVDF/SA yang menjadi kekurangan membran tersebut. Namun, efek penambahan PEG terhadap membran PVDF/SA masih belum pernah dilakukan sebelumnya. Untuk itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan PEG terhadap membran *blend* PVDF/SA.

Membran *blend* PVDF/SA dipreparasi menggunakan empat komponen, yaitu PVDF dan selulosa asetat sebagai polimer membran, PEG sebagai aditif, dan DMAc sebagai pelarut. Komposisi PVDF dan selulosa asetat pada membran dipreparasi dengan perbandingan 1:1 untuk memaksimalkan selulosa asetat dalam matriks membran (Mu, 2010), dan perbandingan ini dibuat tetap dalam seluruh variasi. Hal ini dimaksudkan agar penelitian sepenuhnya fokus terhadap efek penambahan PEG. PEG yang ditambahkan merupakan PEG-400, karena tipe ini merupakan PEG yang secara umum digunakan sebagai aditif untuk modifikasi membran, dan memiliki berat molekul yang ideal karena tidak terlalu besar, sehingga tidak menurunkan kekuatan mekanis membran (Wongchitphimon, dkk., 2011). Variasi penambahan PEG dalam % berat total larutan adalah 1, 3, dan 5%. Variasi ini diambil berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wongchitphimon dkk. (2011) yang menghasilkan membran dengan performa maksimal dan resistansi penyumbatan yang tinggi karena dapat memaksimalkan sistem kesetimbangan serta meningkatkan presipitasi polimer yang berkaitan dengan metode preparasi membran, yaitu inversi fasa dengan teknik presipitasi perendaman.

Metode inversi fasa digunakan pada penelitian ini, karena metode ini dapat menghasilkan membran berpori asimetris yang dihasilkan melalui proses perendaman pada non-pelarut. Proses ini dipengaruhi oleh komposisi antara larutan cetak (polimer),

pelarut, dan non-pelarut (Kesting, 1985). Pada penelitian ini, non-pelarut yang digunakan merupakan air yang dapat mengalami proses presipitasi dengan DMAc (pelarut) sehingga menghasilkan membran berpori.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan di atas, dalam penelitian ini dipreparasi membran *blend* PVDF dengan material selulosa asetat dengan penambahan PEG sebagai aditif. Variasi hanya dilakukan pada PEG untuk mengetahui efek morfologi dan performa pada membran PVDF/SA. Pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fasa menggunakan non-pelarut air, sehingga menghasilkan membran berpori. Membran *blend* PVDF/SA dengan penambahan PEG ini nantinya akan digunakan untuk mereduksi warna coklat pada jus apel.

1.3. Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi membran PVDF/SA dengan penambahan PEG menggunakan metode inversi fasa dengan variasi komposisi % berat PEG = 0; 1; 3; dan 5%.
2. Pengujian performa membran PVDF/SA dengan penambahan PEG menggunakan uji porositas, dan fluks air murni
3. Karakterisasi morfologi membran PVDF/SA dengan penambahan PEG dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Atomic Force Microscope* (AFM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)
4. Karakterisasi hasil penjernihan jus apel menggunakan membran dilakukan menggunakan uji kekeruhan dengan turbidimeter, *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *Atomic Force Microscope* (AFM).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti pengaruh penambahan PEG terhadap kinerja membran *blend* PVDF/SA serta aplikasinya untuk penjernihan jus apel.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan kinerja membran PVDF/SA dengan variasi penambahan PEG dalam upaya meningkatkan porositas, dan performa membran untuk penghilangan warna coklat pada jus apel. Hasil penelitian ini diharapkan akan mampu diterapkan pada industri makanan.

BAB II

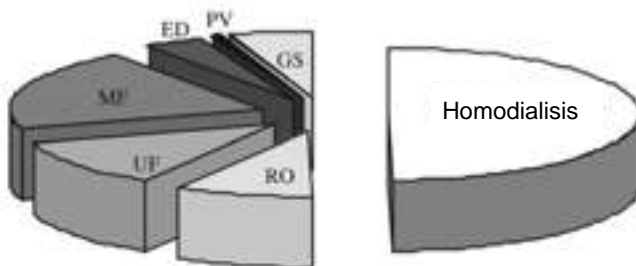
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Industri Membran dan Aplikasinya pada Industri Makanan

Teknologi membran kini menjadi begitu populer dalam dunia industri. Membran di-klaim menjadi sebuah teknik pemisahan dan pemurnian yang sangat fleksibel untuk beberapa kasus tertentu, karena pengaplikasiannya yang mudah dan dapat dimodifikasi dengan beberapa teknik pemisahan yang lain. Beberapa keuntungan dalam penggunaan membran, seperti, tidak ada perubahan fase, mudah diubah menjadi skala industri (dari skala laboratorium), penggunaan yang relatif mudah, dan konsumsi energi rendah, membuat pelaku industri menggunakan membran dalam proses industri mereka. Beberapa industri yang menggunakan membran, antara lain industri farmasi, pengelolaan air, pemurnian gas, proses makanan, dan proteksi lingkungan (Kang dan Cao, 2014). Seperti yang diutarakan sebelumnya, Freedonia group Inc, sebuah lembaga riset industri mencatat, penggunaan membran bahkan akan meningkat di tahun 2019 sebanyak 8,5% dengan permintaan senilai USD 26,3 milyar dengan rata-rata atas membran osmosis balik, ultrafiltrasi, dan nanofiltrasi. Sementara itu tercatat Amerika Serikat merupakan pengguna membran terbesar untuk aplikasi osmosis balik, diikuti oleh Jepang dan Saudi Arabia. Namun, membran yang paling sering digunakan dalam dunia adalah untuk metode hemodialisis atau hemofiltrasi, yang diklaim hanya mampu dilakukan dengan membran (Nunes dan Peinemann, 2006).

Dalam industri makanan, membran merupakan salah satu metode pemisahan yang penting, salah satunya untuk penjernihan. Penjernihan merupakan proses yang penting yang dapat digunakan untuk menstabilkan konsentrasi larutan (seperti jus, minyak, atau sirup), dengan reduksi partikel padatan. Proses penjernihan banyak digunakan dengan berbagai macam metode, baik yang konvensional, maupun penggunaan membran (Lee, dkk., 2014). Proses penjernihan ini, tak hanya penting untuk memisahkan konsentrat, namun juga untuk beberapa aplikasi, juga dapat digunakan untuk menghilangkan atau memodifikasi proses alami yang terjadi pada industri minuman, seperti

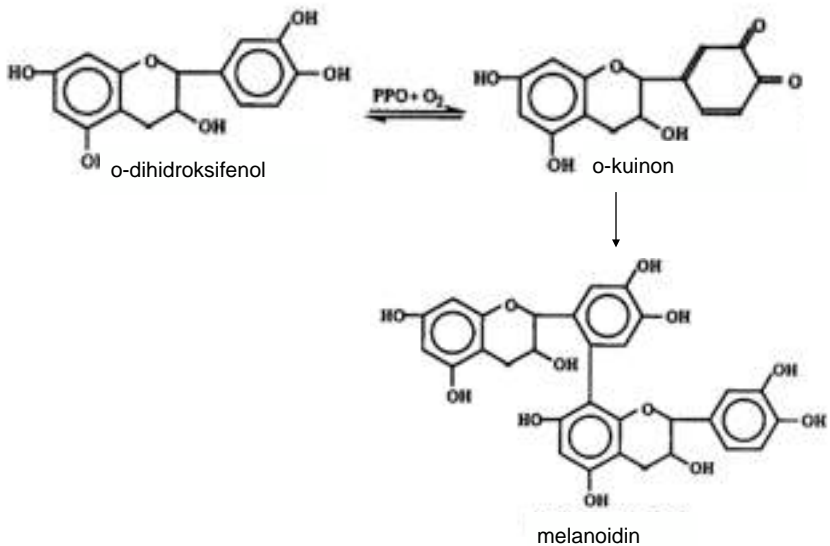
munculnya warna kecoklatan pada jus beberapa buah, seperti apel, pir, atau leci. Warna kecoklatan ini disebabkan oleh adanya proses oksidasi enzim dari fenol menjadi kuinon berwarna, yang membentuk pigmen coklat (Borneman dkk., 2001). Bagaimanapun, pencoklatan ini menjadi masalah bagi produk industri makanan karena sarat akan kualitas rendah, keamanan, dan nilai nutrisi. Jus apel yang dijual di pasaran diharapkan berwarna kekuningan karena memperlihatkan kesegaran produk. Namun, kendala yang dimiliki oleh jus apel adalah adanya enzim pencokatan dalam jumlah besar, yaitu polifenoloksidase yang bersifat sangat aktif. Oleh karena itu, kontrol terhadap pencoklatan ini sangat diperlukan dalam industri makanan.



Gambar 2.1. Perbandingan membran yang terjual dalam industri (Nunes dan Peinemann, 2006)

2.2. Pencoklatan Apel

Proses pencoklatan terjadi pada beberapa jenis buah, salah satunya adalah buah apel. Proses ini terjadi secara enzimatik atau nonenzimatik. Secara enzimatik, proses pencoklatan bisa terjadi oleh oksidasi enzimatik oleh senyawa fenolik (Lee, dkk., 2014). Senyawa ini merupakan substrat dari proses pencoklatan. Contohnya adalah jenis ortohidroksi atau trihidroksi. Proses pencoklatan terjadi apabila adanya reaksi enzim fenol oksidase dan oksigen dengan substrat. Pengaruh aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) dengan bantuan oksigen akan mengubah gugus monofenol menjadi O-hidroksi fenol, yang selanjutnya diubah lagi menjadi O-kuinon. Gugus kuinon inilah yang menghasilkan pigmen berwarna coklat.



Gambar 2.2. Proses pencoklatan pada jus apel
(Borneman, dkk., 2001)

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, proses pencoklatan ini merupakan masalah yang terjadi dalam industri makanan, sehingga perlu diberikan penyelesaian. Beberapa metode yang sudah pernah dilakukan untuk modifikasi ataupun penghilangan warna coklat dan/atau proses pencoklatan dipaparkan dalam Tabel 2.1.

2.3. Membran Polimer

Membran dapat disintesis dari berbagai macam bahan kimia, antara lain bahan anorganik, polimer, biologis, dan liquid. Beberapa bahan tersebut digunakan berdasarkan kegunaan dan morfologi yang diharapkan, misalnya membran berpori atau membran tidak berpori. Beberapa material membran yang banyak digunakan adalah alumina, titania, zirkonia, polisulfon, selulosa asetat, polietersulfon, dan lain-lain. Dari beberapa material tersebut, modifikasi membran polimer banyak digunakan dan diteliti, baik dimodifikasi dengan bahan anorganik ataupun polimer lain. Beberapa keuntungan penggunaan membran polimer

yang dipaparkan oleh Ulbricht (2006) adalah sintesis polimer yang sudah terdefinisi dengan baik sebagai material membran sehingga dapat dimodifikasi dan dipelajari lebih lanjut, fungsi membran yang beragam, struktur yang dapat dikombinasikan dengan berbagai macam interaksi, penggunaan templat yang bisa mengatur pembatas atau permukaan membran, teknik preparasi yang mudah dilakukan, serta kombinasi membran komposit dengan berbagai macam bahan kimia.

Tabel 2.1. Metode reduksi proses pencoklatan dan reduksi warna coklat pada jus apel

Metode	Keterangan	Pustaka
Penambahan Antioksidan	Antioksidan mencegah oksidasi komponen fenolat menjadi kuinon.	Rahmawati, 2008
Penambahan Sulfit	Sulfit menghambat enzim fenolase	Rahmawati, 2008
Deaktifasi Enzim Fenolase	Mengurangi komponen pereaksi pencoklatan dengan EDTA sebagai chelating agent.	Cheng dan Crisosto, 2005
Pemanasan	Pemanasan dilakukan untuk menginaktifasi enzim.	Lee dkk., 2014
Penggunaan Membran	Penggunaan membran untuk proses penjernihan yang berakibat pada kekeruhan dan perubahan warna pada jus apel.	Fuenmayor dkk., 2014

Keunggulan lainnya dalam penggunaan polimer sebagai material membran adalah dalam aplikasinya. Ulbricht (2006) memaparkan bahwa membran polimer dapat diaplikasikan dalam berbagai ukuran membran, antara lain UF (ultrafiltrasi), NF (nanofiltrasi), RO (osmosis balik), dan GS (pemisahan gas).

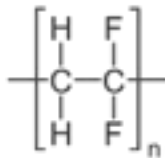
2.4. PVDF (Polivinilidina Fluorida)

Polivinilidina fluorida atau PVDF merupakan polimer semikristalin dengan unit pengulangan $-(CH_2CF_2)_n-$. PVDF banyak digunakan sebagai membran karena resistansi kimia yang tinggi. PVDF resistan terhadap bahan anorganik dan asam organik, serta dapat digunakan dalam rentang pH yang besar. PVDF juga stabil dalam hidrokarbon aromatik, alkohol, tetrahidrofuran, dan pelarut halogen. Hal ini menyebabkan ia banyak digunakan untuk sterilisasi air, utamanya dalam lingkungan yang mudah teroksidasi, termasuk ozon (Nunes dan Peinemann, 2006).



Gambar 2.3. PVDF dalam bentuk pelet yang digunakan untuk preparasi membran.
(Nunes dan Peinemann, 2006)

PVDF memiliki T_g yang rendah, yaitu $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang membuatnya fleksibel dan cocok untuk aplikasi membran dalam suhu antara -50 hingga $140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Meskipun dapat larut dalam banyak pelarut organik, beberapa pelarut organik ini memungkinkan preparasi membran dengan teknik inversi fasa, antara lain dimetil formamida (DMF), dimetil asetat (DMAc), N-metil pirrolidon (NMP), dan dimetil sulfoksida (Nunes dan Peinemann, 2006).



Gambar 2.4. Monomer PVDF (Nunes dan Peinemann, 2006)

Membran PVDF banyak digunakan karena beberapa keunggulan sifatnya, yaitu kekuatan mekanis, dan stabilitas termalnya, yang merupakan sifat penting dalam aplikasi pemisahan menggunakan membran. Selain itu, PVDF mudah dicetak dalam banyak bentuk membran, yaitu *flat*, *hollow fiber*, dan tubular (Kang dan Cao, 2014).

PVDF banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi membran, yaitu mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), bioreaktor membran (MBR), destilasi, pemisahan gas, menghilangkan polutan dari air (seperti boron, senyawa organik volatil, dan ammonia), rekoveri biofuel, pemisah untuk litium dalam baterai, proses pertukaran ion, dan masih banyak lagi. Namun, aplikasi dalam membran ini masih terkendala dalam dua masalah, yaitu penyumbatan dalam air, dan pembasahan pada membran. Penyumbatan dan pembasahan akan mereduksi efisiensi membran dan degradasi performa membran (Kang dan Cao, 2014). Hal ini dapat diatasi dengan modifikasi dengan metode modifikasi hidrofilik dan hidrofobik yang akan dibahas lebih lanjut dalam penelitian ini.

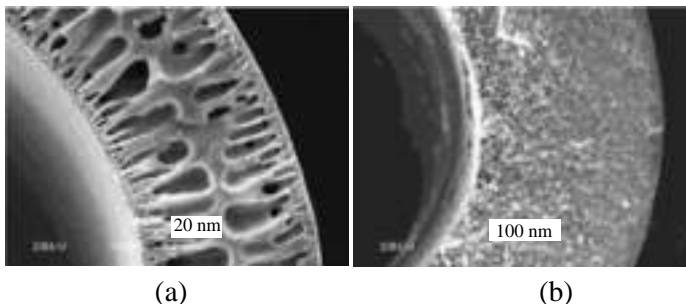
Untuk mensintesis membran PVDF, digunakan dua metode preparasi, yaitu metode NIPS (*Non-solvent induced phase separation*), dan TIPS (*thermally induced phase separation*). Perbedaan antara dua metode tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Berdasarkan Tabel 2.2, maka penulis menyimpulkan sintesis membran menggunakan metode NIPS akan digunakan dalam penelitian ini. Suhu yang relatif rendah serta kemampuan *antifouling* yang lebih baik menjadi salah satu pertimbangan penting untuk aplikasi membran nantinya.

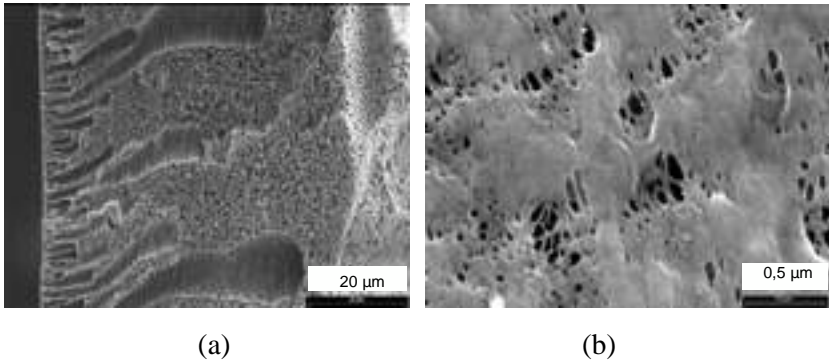
Perbedaan antara ukuran pori, dan persebaran pori antara metode NIPS dan TIPS dapat dilihat dalam Gambar 2.4. Gambar tersebut memperlihatkan jelas perbedaan pori dan persebaran yang dihasilkan melalui metode yang berbeda. Pada metode NIPS, pori yang terbentuk berukuran lebih besar, dengan persebaran pori yang lebih sedikit, sedangkan pada metode TIPS, ukuran pori lebih kecil, namun persebaran pori lebih banyak.

Tabel 2.2. Perbedaan antara metode NIPS dan TIPS

Pembeda	Metode NIPS	Metode TIPS	Pustaka
Pelarut yang digunakan	DMAc, DMF, tetrahidrofur (THF), dimetilsulfoksida (DMSO), dan lain-lain.	Triasetin, sulfolan, dimetil ftalat (DMP), dibutil ftalat (DBP), dan lain-lain	Kang dan Cao, 2014
Suhu	Rendah	Tinggi	Kang dan Cao, 2014
Ukuran Pori minimal	Lebih kecil	Lebih besar	Kang dan Cao, 2014
Distribusi Pori	Lebih lebar	Lebih sempit	Wongchitphimon, dkk., 2011
Kekuatan mekanis	Lebih lemah	Lebih kuat	Wongchitphimon, dkk., 2011
Kemampuan Antifouling	Lebih baik	Lebih rendah	Lang, dkk., 2014
Kekurangan	Pelarut yang tidak bisa digunakan lagi	Energi yang dibutuhkan tinggi	Kang dan Cao, 2014



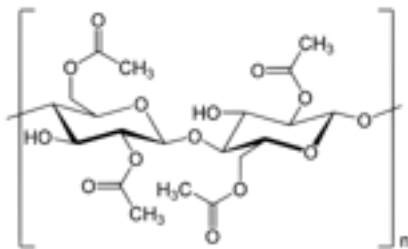
Gambar 2.5. Penampang melintang hasil SEM dari membran PVDF yang disintesis dengan metode (a) NIPS dan (b) TIPS (Kang dan Cao, 2014)



Gambar 2.6. Hasil karakterisasi SEM pada (a) penampang melintang membran dari (a) permukaan membran PVDF dengan pelarut DMAc yang diidentifikasi dengan SEM. (Nunes dan Peinemann, 2006)

2.5. Selulosa Asetat (SA)

Selulosa asetat (SA) merupakan asetat ester dari selulosa yang banyak digunakan sebagai membran karena sifatnya yang sangat hidrofilik yang disebabkan adanya grup hidroksil yang membentuk ikatan hidrogen dengan air. Hal ini menyebabkan membran selulosa asetat memiliki resistansi yang tinggi terhadap penyumbatan. Fluks yang dihasilkan dari membran ini cukup tinggi. Keunggulan inilah yang menyebabkan selulosa asetat banyak digunakan dalam industri dalam berbagai macam aplikasi, seperti mikrofiltrasi (MF), nanofiltrasi (NF), osmosis balik (RO), dan pemisahan gas (Lee, dkk., 2016).

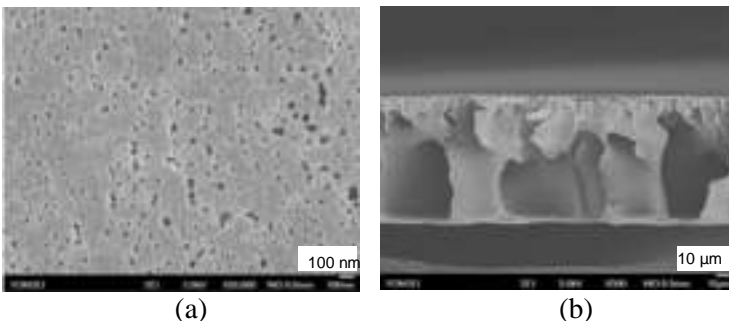


Gambar 2.7. Struktur selulosa asetat (Nunes dan Peinemann, 2006)



Gambar 2.8. Bubuk selulosa asetat yang digunakan untuk preparasi membran (Nunes dan Peinemann, 2006)

Selulosa asetat berwujud padat (serbuk) berwarna putih, mempunyai rumus molekul $(C_6H_7O_2(CH_3COO)_3)_n$ dengan titik lebur 533,15 K. Selulosa asetat dapat diproduksi dengan kandungan asetil 38-40,5% (Mark., dkk., 1968). Grup hidroksil yang terdapat pada selulosa asetat lebih banyak daripada grup asetil. Karena inilah, selulosa asetat lebih banyak bersifat hidrofilik, meskipun grup asetil memberikan sifat hidrofobik..

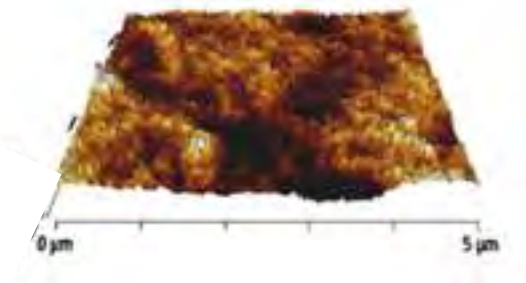


Gambar 2.9. Membran selulosa asetat dalam pelarut DMAc yang dikarakterisasi dengan SEM pada (a) permukaan dan (b) penampang melintang (Lee, dkk., 2016)

Selulosa asetat juga banyak dipilih sebagai material polimer pada membran karena struktur asimetrisnya yang memiliki lapisan aktif yang sangat tipis, dan material yang sangat tahan dalam lapisan pendukungnya (Kusworo, dkk., 2014). Meskipun lapisan yang dihasilkan oleh membran ini tipis,

Bhongsuwan (2008) memaparkan bahwa membran selulosa asetat banyak digunakan untuk desalinasi air laut. Hal ini juga didukung oleh sifat selulosa asetat yang tidak beracun, sehingga aman untuk digunakan. Membran ini dapat bekerja dalam pH 2-10, dalam suhu maksimal 50 °C. (Ahmad, 2006).

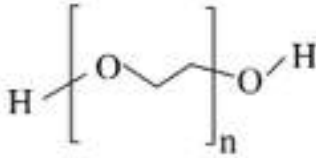
Ukuran pori dari membran selulosa asetat dapat diatur dengan modifikasi membran, yaitu dengan penambahan aditif dan pemilihan pelarutnya. Pelarut yang dapat digunakan untuk preparasi membran ini adalah aseton, normal metil pirolidon (NMP), dimetil asetamida (DMAc), dan dimetil formamida (DMF). Selain ukuran pori, modifikasi yang dilakukan terhadap membran selulosa asetat ini dapat memiliki tujuan yang berbeda, misalnya kenaikan viskositas larutan polimer, meningkatkan kestabilan atau persebaran pori (Ahmad, 2006).



Gambar 2.10. Permukaan membran pada selulosa asetat yang dikarakterisasi dengan AFM (Lee, dkk., 2016).

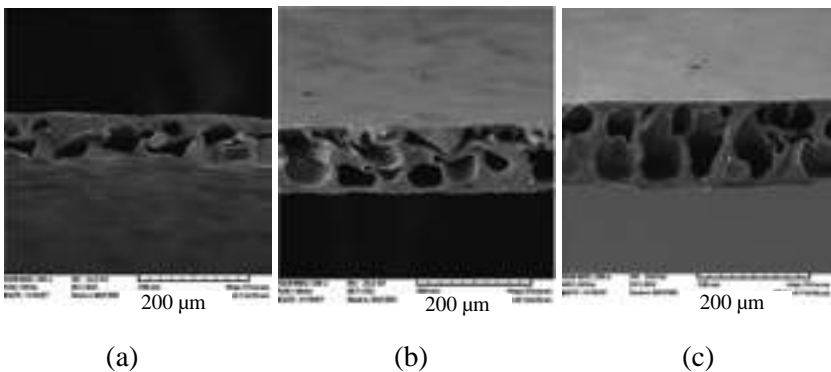
2.6. Polietilen Glikol (PEG)

Polietilen glikol (PEG) yang mempunyai rumus molekul $\text{HO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{-H}$ merupakan bahan kimia organik yang memiliki variasi berat molekul dari 200 hingga ribuan. Dalam suhu ruang, polimer ini dapat larut dalam air dan bersifat higroskopis. Dalam berat molekul <600 , PEG tidak berwarna berbentuk liquid, sedangkan dalam berat molekul >800 , PEG berwarna putih berbentuk padatan atau serbuk (Chen, dkk., 2014).



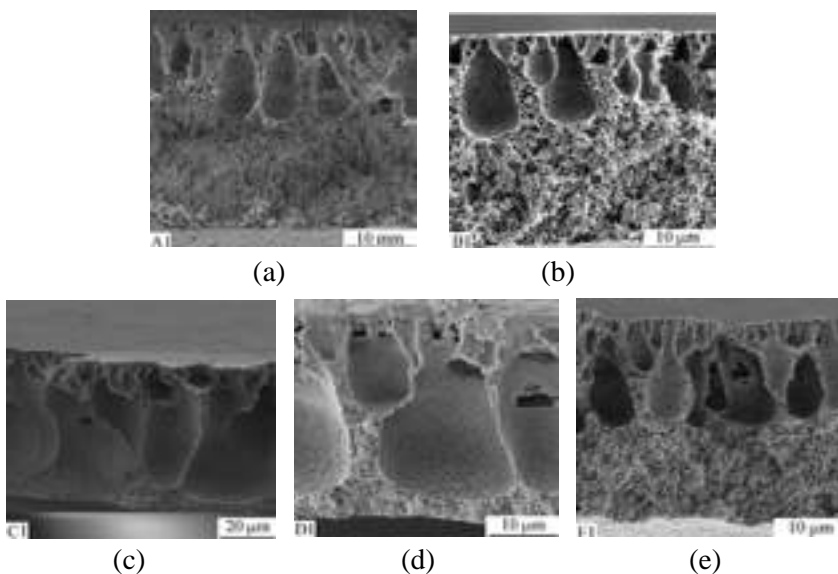
Gambar 2.11. Struktur PEG (Nunes dan Peinemann, 2006)

PEG seringkali digunakan sebagai aditif dalam pembuatan membran sebagai agen pembentuk pori yang menghasilkan membran nanofiltasi dan ultrafiltrasi (Hu, dkk., 2014). Hal ini yang menyebabkan membran menjadi tahan terhadap penyumbatan. Pengaruh penambahan PEG pada membran selulosa asetat telah diteliti oleh Saljoughi dkk. (2010), bahwa semakin tinggi konsentrasi pada PEG pada membran selulosa asetat, maka pori yang dihasilkan akan semakin besar dikarenakan PEG dalam larutan cetak berpengaruh terhadap agregasi dan kontraksi pembentukan rantai polimer dalam bak koagulasi. Penampang melintang pada membran selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.12, dimana ukuran pori membran menjadi semakin besar diiringi dengan penambahan PEG.



Gambar 2.12. Penampang melintang hasil karakterisasi SEM pada membran selulosa asetat yang dimodifikasi dengan penambahan PEG (a) 0%, (b) 5%, dan (c) 10%, yang dikarakterisasi dengan SEM. (Saljoughi, dkk., 2010).

Studi penambahan PEG terhadap membran PVDF juga dilakukan oleh Kang dan Cao (2014). Membran PVDF dengan penambahan PEG-400 memiliki fluks tertinggi sebesar $4.03 \times 10^{-2} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ yang dapat dikorelasikan dengan porositas permukaan yang efektif. Selain itu, pada membran PVDF yang disintesis dengan pelarut DMAc, penambahan PEG-1500 mengakibatkan membran menjadi lebih kasar dengan sudut kontak yang meningkat, dari 85.82° (tanpa PEG), dibanding 118.50° (dengan PEG).



Gambar 2.13. Penampang melintang hasil karakterisasi SEM dari membran PVDF dengan pelarut DMAc dengan penambahan (a) PEG 200, (b) PEG 1000, (c) PEG 6000, (d) PEG 10000, dan (e) PEG 20000. (Zuo, dkk., 2008)

Zuo dkk. (2008) melakukan penelitian terhadap pengaruh penambahan PEG dengan berat molekul yang berbeda terhadap membran PVDF. Pada penelitian tersebut, digunakan PEG dengan berat molekul 200, 1000, 6000, 10000, dan 20000, dan dihasilkan ukuran pori yang semakin besar pada berat molekul yang semakin besar pula. Hal ini menunjukkan bahwa berat

molekul pada PEG juga berpengaruh pada membran yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh mobilitas molekul PEG dan afinitas antara PEG dan larutan cetak. Pada lapisan atas membran yang terbentuk melalui proses presipitasi, kenaikan viskositas terjadi dan menurunkan mobilitas PEG, sehingga molekul PEG sulit untuk berdifusi dari larutan cetak menuju koagulan. Pada proses perendaman, PEG yang teragregasi dalam membran dapat larut dalam air sehingga pori terbentuk. Perbandingan penampang melintang membran PVDF yang dengan penambahan aditif PEG dapat dilihat pada Gambar 2.13.

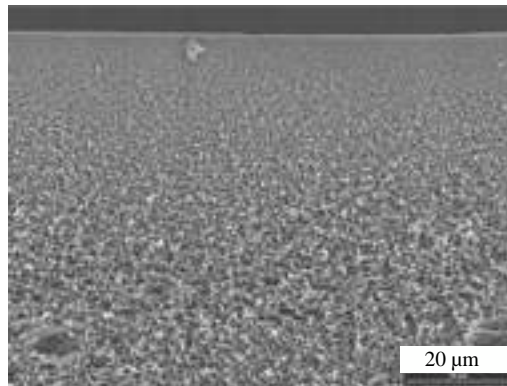
2.7. Metode Inversi Fasa

Metode preparasi membran yang digunakan untuk membran PVDF/SA dalam penelitian ini adalah metode inversi fasa. Menurut Nunes dan Peinemann (2006), metode ini terdiri atas induksi pemisahan fasa dalam larutan polimer homogen yang dilakukan dengan perubahan suhu, perendaman larutan dalam bak non-pelarut (proses basah), atau membukanya pada atmosfer non-pelarut (proses kering). Dalam penelitian ini dilakukan metode inversi fasa dengan proses basah (perendaman).

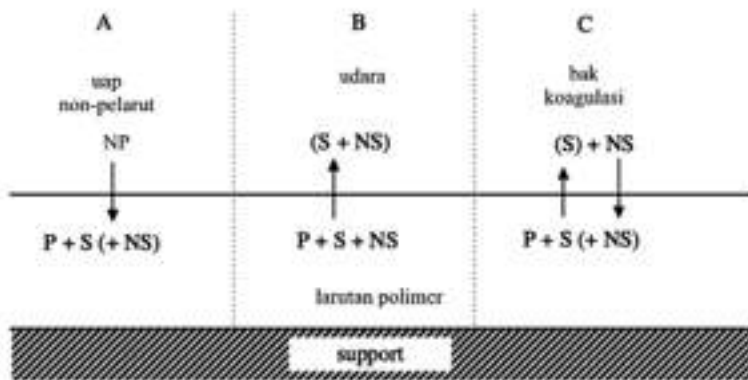
Dalam proses menggunakan perubahan suhu, komponen dengan berat molekul yang rendah biasanya bertindak sebagai pelarut pada suhu yang tinggi dan non-pelarut dalam suhu rendah. Komponen inilah yang akan dihilangkan setelah pori terbentuk. Dalam proses basah, larutan polimer direndam dalam bak non-pelarut, dan pertukaran pelarut-nonpelarut menjadikan pemisahan fasa. Fasa kaya polimer akan membentuk matriks pori, sedangkan fase sedikit polimer akan membentuk pori (Nunes dan Peinemann, 2006). Morfologi membran yang terbentuk adalah membran asimetris, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14, dimana adanya beberapa permukaan selektif.

Struktur pori terbentuk karena adanya pemisahan fasa. Pemisahan fasa dalam kasus ini adalah pencampuran liquid-liquid, seperti yang terjadi pada selulosa asetat dan polivinilil florida. Setelah perendaman dalam bak non-pelarut, pertukaran pelarut-nonpelarut menimbulkan kestabilan sistem secara termodinamika dengan energi bebas Gibbs yang minimum. Struktur asimetris pada membran yang terbentuk biasanya terlihat seperti spons (*sponge-like*) atau jari (*finger-like*). Namun, *sponge-like* lebih dominan terbentuk. Hal ini dikarenakan beberapa

faktor, yaitu peningkatan konsentrasi polimer dan viskositas pada larutan cetak, perubahan pelarut, dan penambahan pelarut pada bak non-pelarut (Nunes dan Peinemann, 2006).



Gambar 2.14. Persebaran pori pada membran asimetris yang ditunjukkan dengan hasil SEM (Nunes dan Peinemann, 2006)



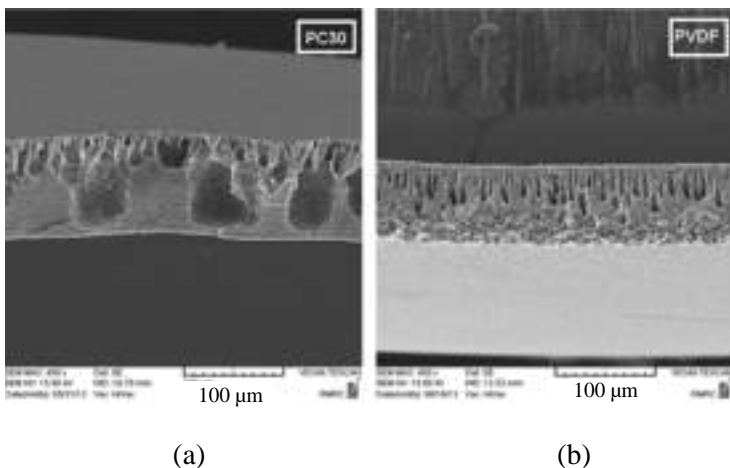
Gambar 2.15. Metode inversi fasa dengan teknik (a) proses kering (b) perubahan suhu, dan (c) proses basah (Kools, 1968)

2.8. Karakterisasi Membran PVDF/SA dengan Penambahan PEG

2.8.1. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) yang berupa mikroskop elektron yang menampilkan gambar bekerja seperti mikroskop optik konvensional. Dalam instrumen ini, elektron diberikan kecepatan sebesar 1-200 kV, dengan bidang elektrik dan magnetik yang difokuskan pada elektron. Sinar elektron yang ditembakkan diarahkan di atas objek dan sinar akan terefleksi oleh detektor sebagai gambar. Resolusi SEM bergantung pada seberapa tajam sinar yang diarahkan pada sampel. SEM digunakan tanpa preparasi yang sulit pada sampel, namun dapat menghasilkan gambar yang cukup bagus untuk dikarakterisasi (Atkins, dkk., 2010). Gambar yang didapatkan dari karakterisasi SEM, dapat berupa permukaan dan penampang melintang.

Penelitian terhadap membran PVDF/SA dengan karakterisasi SEM telah dilakukan oleh Razzaghi dkk. (2014), dengan variasi penambahan selulosa asetat. Karakterisasi SEM dilakukan pada penampang melintang dari membran, seperti pada Gambar 2.16.

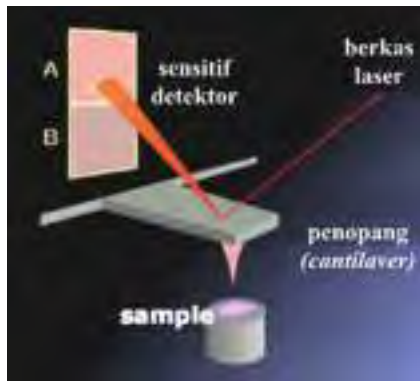


Gambar 2.16. Perbandingan penampang melintang membran PVDF/SA dengan membran PVDF murni (Razzaghi dkk., 2014).

2.8.2. Atomic Force Microscope (AFM)

Dalam karakterisasi menggunakan Atomic Force Microscope (AFM), atom yang paling ujung akan beraksi dengan permukaan atom dari sampel dengan gaya intermolekul (seperti pada interaksi van der Waals). Variasi pada AFM meliputi gaya friksi (gesekan), dimana variasi perhitungan berdasarkan gaya lateral pada variasi permukaan sampel; gaya magnetik dimana menampilkan struktur magnetik sample; gaya elektrostatik dimana menampilkan bidang elektrostatik, dan *scanning* kapasitas, dimana menampilkan elektroda pada kapasitor (Atkins dkk., 2010).

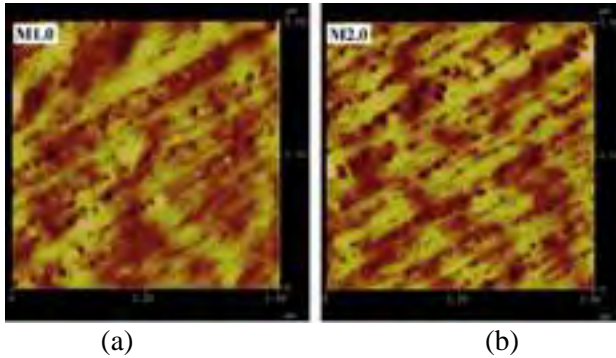
Mikroskop gaya atom terdiri dari sebuah penopang (*cantilever*) dengan ujung yang tajam sebagai alat pemeriksa (*probe*) yang digunakan untuk memindai permukaan spesimen. Penopang ini biasanya terbuat dari silikon ataupun silikon nitrida dengan radius kelengkungan ujung mencapai bilangan nanometer. Ketika ujungnya dibawa mendekati permukaan sampel, gaya antara ujung tajam pemindai dengan permukaan sampel menyebabkan pelengkungan penopang sesuai dengan hukum Hooke (Kronenberger, 2006).



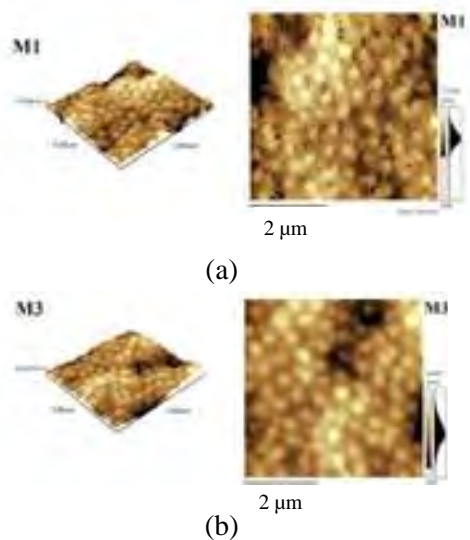
Gambar 2.17. Skema alat AFM (Kronenberger, 2006).

Mikroskop gaya atom terdiri dari sebuah penopang (*cantilever*) dengan ujung yang tajam sebagai alat pemeriksa (*probe*) yang digunakan untuk memindai permukaan spesimen. Penopang ini biasanya terbuat dari silikon ataupun silikon nitrida dengan radius kelengkungan ujung mencapai bilangan nanometer.

Ketika ujungnya dibawa mendekati permukaan sampel, gaya antara ujung tajam pemindai dengan permukaan sampel menyebabkan pelengkungan penopang sesuai dengan hukum Hooke (Kronenberger, 2006).



Gambar 2.18. Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/ Zirkonia dengan variasi zirkonia (Zheng, dkk., 2011)

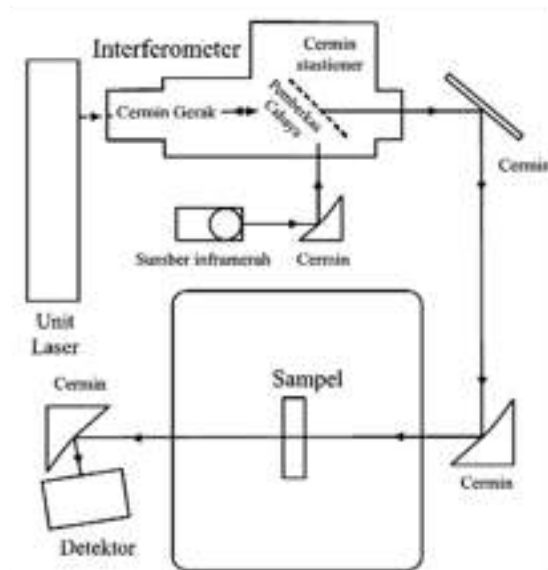


Gambar 2.19. Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/ CTFE dengan variasi penambahan aditif PEG- LiCl 1% (a) dan 3% berat (Zheng, dkk., 2016).

Penelitian dengan karakterisasi AFM pada modifikasi membran PVDF pernah dilakukan oleh Zheng dkk. (2011) yang meneliti membran *blend* PVDF/Zirkonia, dan Zheng dkk. (2016) yang meneliti membran *blend* PVDF/CTFE. Hasil karakterisasi dari membran tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.17 dan Gambar 2.18.

2.8.3. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi FTIR merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektrumnya. Inti dari alat spektroskopi ini adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah dihasilkan dari transmisi cahaya melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Silviyah, 2014).

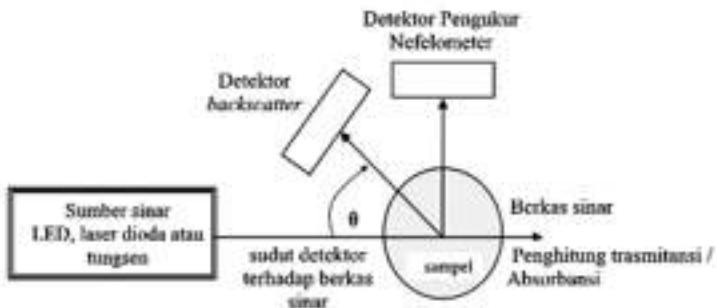


Gambar 2.20. Skema alat spektroskopi FTIR (King, 2014).

2.9. Turbidimeter

Turbidimeter merupakan alat untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Turbidimeter digunakan untuk karakterisasi jus apel yang digunakan sebelum dan sesudah proses penjernihan menggunakan membran.

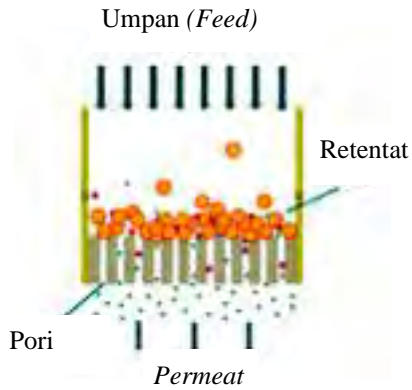
Prinsip pengukuran dengan turbidimeter adalah sifat optik yang muncul akibat dispersi sinar dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang tiba. Intensitas cahaya yang dipantulkan oleh suatu suspensi adalah fungsi konsentrasi terhadap kondisi lain yang konstan (Hanum, 2002).



Gambar 2.21. Skema alat turbidimeter (Fairuz dan Zubir, 2009)

2.10. Dead-end Filtration

Proses penjernihan yang digunakan pada penelitian ini merupakan mikrofiltrasi. Dalam pengujian mikrofiltrasi, secara umum, ada tiga metode yang dapat digunakan, yaitu penjernihan *dead-end* dengan dan tanpa pengadukan, serta penjernihan *cross-flow*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penjernihan *dead-end* dengan pengadukan. Pada metode ini, aliran feed akan bergerak tegak lurus terhadap barier. Lapisan penghalang yang diberi membran akan membatasi laju penjernihan atau fluks (Echavarria dkk., 2011).



Gambar 2.22. Ilustrasi metode penjernihan *dead-end* (Echavarria dkk., 2011)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas, pengaduk magnetik, bak koagulasi, *hot plate*, *stirrer*, wadah penyimpanan membran, neraca analitik, oven, pipet tetes, pipet volum, *dead-end cylindrical filtration stirred cell*, plat kaca, dan rol besi. Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi adalah *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR), dan *Atomic Force Microscope* (AFM).

3.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah polivinilidin florida (PVDF, Kynar 740), selulosa asetat (Fluka, 40% grup asetil), polietilen glikol (PEG) 400, N,N-dimetilasetat (DMAc, Merck), dan aquades.

3.3. Prosedur

3.3.1. Preparasi Membran PVDF/SA dengan Aditif PEG

Membran PVDF/SA pada penelitian ini difabrikasi dengan metode inversi fasa. Material PEG dalam penelitian ini digunakan sebagai zat aditif. Komposisi membran ditunjukkan pada Tabel 3.1, dimana komposisi PVDF : CA adalah 1:1.

Larutan cetak (*casting solution*) dibuat dengan selulosa asetat yang dilarutkan dalam DMAc dalam erlenmeyer tertutup. Ditambahkan PEG sesuai variasi. Larutan kemudian diaduk 600 rpm selama 24 jam, dan dipanaskan dengan suhu 60 °C. Larutan terus diamati hingga larut, kemudian dimasukkan PVDF sesuai variasi. Larutan cetak lalu didiamkan selama 24 jam untuk menghilangkan gelembung.

Larutan cetak selanjutnya dicetak pada plat kaca dan direndam dalam bak koagulasi yang berisi air destilasi selama 10 menit. Membran yang terbentuk kemudian disimpan dalam wadah membran dan direndam dengan air destilasi. Air destilasi ini diganti setiap hari.

Tabel 3.1. Komposisi Membran

Kode Variasi	Komposisi (%wt)		
	PVDF/ SA	PEG	DMAc
PVDF/SA PEG 0%	17	0	83
PVDF/SA PEG 1%	16	1	83
PVDF/SA PEG 3%	14	3	83
PVDF/SA PEG 5%	12	5	83

3.3.2. Karakterisasi Membran

3.3.2.1. Morfologi Membran

Untuk mengetahui morfologi membran PVDF/SA dengan zat aditif PEG, dilakukan karakterisasi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Sebelum dianalisis, sampel dikeringkan dan direndam menggunakan nitrogen cair hingga mengeras. Sampel yang telah mengeras diambil dan dipatahkan menggunakan pinset pada kedua ujungnya. Patahan sampel tersebut dilapisi emas murni yang bertujuan sebagai penghantar. Sampel selanjutnya ditentukan morfologinya pada penampang melintang dan permukaan dengan SEM.

Metode lain yang digunakan untuk mengamati morfologi membran adalah dengan menggunakan *Atomic Force Microscope* (AFM). Preparasi awal dilakukan dengan mengeringkan membran dari air untuk dianalisis dengan AFM. Sedangkan interaksi dalam membran diamati menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

3.3.2.2. Uji Porositas

Uji porositas pada sampel dilakukan untuk mengetahui distribusi pori dari membran. Pengukuran porositas dari membran dapat ditentukan berdasarkan berat sampel ketika dalam keadaan basah maupun kering. Berat basah membran tersebut diukur setelah membran diusapkan pada permukaan air. Sementara itu, berat kering dari membran diukur setelah pengeringan selama 24 jam dalam suhu 60 °C (Razzaghi, dkk., 2014). Porositas membran

dapat ditentukan dengan Persamaan 3.1. dimana P adalah porositas membran, W_w adalah berat basah membran (gram), W_d adalah berat kering membran (gram), A adalah luas permukaan membran (cm^2), dan ρ_w adalah densitas air (g/cm^3).

$$P = \frac{W_w - W_d}{\rho_w \cdot A} \quad (3.1)$$

3.3.2.3. Uji Fluks Air Murni

Analisa fluks air murni dilakukan dengan luas permukaan efektif $0,001963 \text{ cm}^2$ menggunakan perangkat sistem *dead-end cylindrical filtration stirred cell* dengan tekanan 1 bar. Volume permeat diukur setiap 30 detik menggunakan gelas ukur untuk setiap membran. Volume permeat yang digunakan untuk penentuan fluks air murni adalah dengan menggunakan Persamaan 3.2 dimana J merupakan fluks air murni ($\text{L/m}^2\text{h}$), V adalah volume air permeat (L), A adalah luas area permukaan membran (m^2), dan t merupakan waktu (jam).

$$J = \frac{V}{A t} \quad (3.2)$$

3.3.3. Uji Reduksi Warna Coklat pada Jus Apel

3.3.3.1. Uji Kekeruhan

Uji kekeruhan jus apel sebelum dan setelah penjernihan dengan membran diukur menggunakan turbidimeter HACH 2100A dengan larutan standar 0,1 NTU; 20 NTU; 200 NTU; dan 800 NTU. Dari hasil ini akan didapatkan nilai kekeruhan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*), dan persentase rejeksi membran terhadap jus apel.

3.3.3.2. Uji Performa Membran Setelah Digunakan untuk Penjernihan Jus Apel

Uji performa membran dilakukan dengan analisa fluks terhadap jus apel. Analisa ini dilakukan dengan luas permukaan

efektif $0,001963 \text{ cm}^2$ menggunakan perangkat sistem *dead-end cylindrical filtration stirred cell* dengan tekanan 1 bar. Volume permeat diukur setiap 5 menit menggunakan gelas ukur untuk setiap membran. Volume permeat yang digunakan untuk penentuan fluks air murni adalah dengan menggunakan Persamaan 3.2.

3.3.3.3. Uji Morfologi Membran Setelah Digunakan untuk Penjernihan Jus Apel

Uji morfologi membran dilakukan dengan analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang dilakukan pada penampang melintang dan permukaan dan AFM (*Atomic Force Microscope*). Kedua hasil karakterisasi ini kemudian dibandingkan dengan hasil karakterisasi membran yang sama sebelum digunakan untuk penjernihan jus apel. Uji morfologi juga dilakukan dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk mengetahui ada atau tidaknya ikatan ataupun senyawa yang terbentuk dalam membran penjernihan jus apel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berdasarkan metode yang dilakukan penulis yang tertera pada bab III akan dibahas dalam beberapa subbab, antara lain terkait dengan preparasi, morfologi, performa, dan aplikasi.

4.1. Variasi Penambahan PEG dan Preparasi Membran

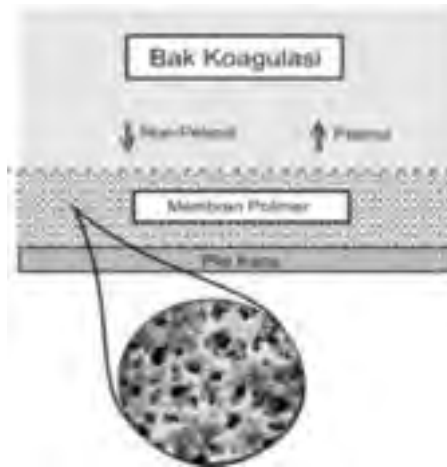
Preparasi penambahan PEG yang dilakukan pada membran PVDF/SA dilakukan sesuai menggunakan metode Wongchitphimon dkk. (2011). Pada penelitian ini digunakan PVDF sebagai matriks membran yang akan dimodifikasi dengan penambahan PEG. Sedangkan preparasi membran PVDF/SA dilakukan menggunakan metode Razzaghi dkk. (2014). Preparasi membran PVDF/SA seluruhnya menggunakan perbandingan 1:1. Hal ini dimaksudkan agar penelitian seluruhnya fokus terhadap efek penambahan PEG pada membran PVDF/SA.

Material PVDF dipilih sebagai matriks membran karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan polimer lain, yaitu kestabilan termal yang baik dan tahan terhadap oksidasi, yang diperlukan untuk penghilangan warna coklat pada jus apel. Selain itu, PVDF relatif aman digunakan karena sifat resistansi kimianya (Kang dan Cao, 2014). Material PVDF berupa pelet berwarna putih namun sedikit transparan. Sedangkan material selulosa asetat dipilih karena sifatnya yang aman untuk aplikasi pada makanan, dan sifatnya yang resistan terhadap penyumbatan, yang mampu menutupi kekurangan dari membran PVDF (Mark dkk., 1968). Selulosa asetat berupa serbuk berwarna putih.

PEG dipilih sebagai material aditif yang dinilai mampu memberikan peningkatan ukuran dan penyebaran pori pada PVDF/SA. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Kang dan Cao (2014), penambahan PEG mampu memberikan porositas permukaan yang efektif pada membran.

Pada proses inversi fasa, terjadi pertukaran antara pelarut dan non-pelarut. Pelarut pada larutan cetak adalah DMAc, sedangkan air destilasi (aquades) adalah non-pelarut. Pada tahap tertentu selama proses *demixing*, salah satu fasa cair (fasa polimer dengan konsentrasi tinggi) akan mengalami pemadatan dan membentuk matriks membran. Proses pengendalian transisi fasa

akan menentukan morfologi membran yang dihasilkan (Nunes dan Peinemann, 2006). Pada tahap ini terjadi pembentukan pori membran. Besar kecilnya ukuran pori yang terdapat pada permukaan membran atau bentuk struktur yang terdapat dalam membran sangat dipengaruhi oleh kecepatan penetrasi koagulan (non-pelarut, dalam penelitian ini adalah aquades) yang masuk ke lapisan matriks membran dan pelepasan pelarut (DMAc) yang meninggalkan matriks membran, sehingga didapat ukuran pori yang lebih besar (Lee, dkk., 2016).

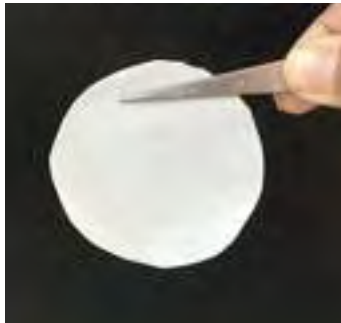


Gambar 4.1. Proses inversi fasa pada preparasi membran PVDF/SA dengan penambahan PEG

Membran yang dihasilkan berupa lembaran halus berwarna putih, disimpan dalam wadah penyimpanan membran dengan direndam aquades yang diganti setiap hari. Penggantian ini dilakukan untuk mencegah proses penjumlahan.

Metode inversi fasa ini dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya baik dengan bahan yang sama dan yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Ma dkk. (2016) tentang pengaruh aditif PEG terhadap membran PVDF, begitupula dengan Saljoughi, dkk., (2010) tentang pengaruh PEG terhadap membran selulosa asetat. Kedua penelitian ini menghasilkan membran berpori yang asimetris, seperti hasil penelitian yang telah dilakukan penulis. Struktur penyebaran pori asimetris ini

terbentuk karena adanya pemisahan fasa. Pemisahan fasa dalam kasus ini adalah pencampuran liquid-liquid. Setelah perendaman dalam bak non-pelarut, pertukaran pelarut-nonpelarut menimbulkan kestabilan sistem secara termodinamika dengan energi bebas Gibbs yang minimum. Struktur asimetris pada membran yang terbentuk terlihat seperti spons (*sponge-like*). Hal ini dikarenakan beberapa faktor, yaitu peningkatan konsentrasi polimer dan viskositas pada larutan cetak. (Nunes dan Peinemann, 2006).

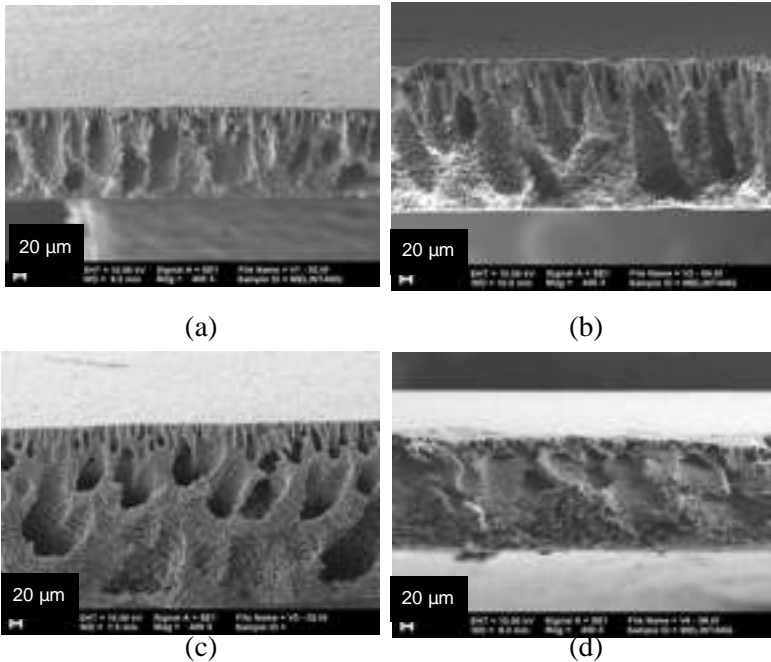


Gambar 4.2. Membran yang dihasilkan

Metode inversi fasa juga telah teruji digunakan sebagai metode untuk menghasilkan membran dengan morfologi yang memiliki pori asimetris dengan porositas lebih tinggi. Kang dan Cao (2014) telah menguji pembuatan membran dengan metode *electro-spinning* memiliki porositas yang lebih kecil dibandingkan hasil membran yang dipreparasi dengan inversi fasa.

4.2. Karakterisasi Morfologi Membran PVDF/SA dengan Penambahan PEG

Morfologi membran dalam penelitian ini dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Atomic Force Microscope* (AFM). Karakterisasi dengan SEM dilakukan untuk mengetahui ukuran dan penyebaran pori yang terdapat pada membran, sedangkan karakterisasi dengan AFM dilakukan untuk mengetahui kekasaran pada permukaan membran.



Gambar 4.3. Morfologi membran yang menampilkan penampang melintang pada membran PVDF/SA dengan (a) PEG 0%; (b) PEG 1%; (c) PEG 3%, dan (d) PEG 5%

Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan pada dua bagian, yaitu penampang melintang dan permukaan. Perbandingan hasil SEM pada penampang melintang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

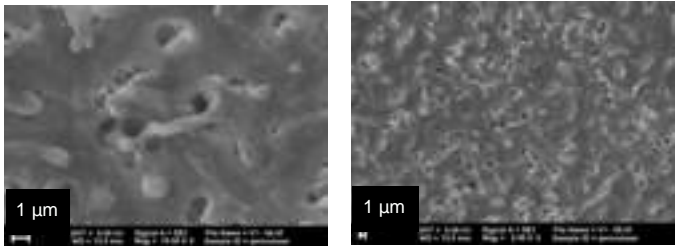
Pada hasil pengamatan SEM yang tertera pada Gambar 4.3, terlihat jelas perbedaan masing-masing membran. Membran PVDF/SA tanpa penambahan PEG digunakan sebagai pembandingan. Pada hasil SEM tersebut, terlihat perubahan yang terjadi akibat penambahan PEG, yaitu ukuran dan penyebaran makrovoid pada lapisan membran. Membran PVDF/SA tanpa penambahan PEG terlihat memiliki makrovoid yang paling kecil dan sempit. Ukuran makrovoid semakin membesar terkait dengan penambahan PEG pada membran. Jika dibandingkan dengan seluruh variasi, makrovoid terbanyak terdapat pada membran PVDF/SA dengan penambahan PEG 5%, yang memiliki porositas

paling tinggi. Makrovoid berada di sepanjang penampang melintang. Selain melebar, bentuk makrovoid pun terlihat memipih dan memanjang hingga bagian bawah membran. Hal ini disebabkan karena PEG memiliki efek termodinamika dan kinetika terhadap larutan cetak yang menghasilkan beberapa variasi rute dan kecepatan pada proses inversi fasa (Zheng, dkk., 2015).

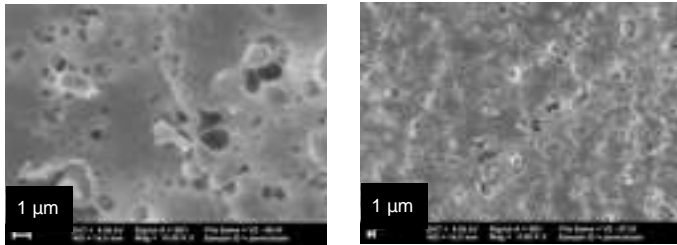
Menurut Saljoughi dkk. (2010), keberadaan PEG menyebabkan proses *demixing* secara instan dalam bak koagulasi, sehingga meningkatkan terbentuknya makrovoid dalam lapisan membran. Proses solidifikasi dari matriks membran menyebabkan proses presipitasi berhenti lebih cepat. Namun, di sisi lain, penambahan PEG mempengaruhi kecepatan pertukaran difusi dari pelarut (DMAc) dan non-pelarut (air) selama proses solidifikasi. Ini menyebabkan proses *demixing* secara instan sulit terjadi dan menyebabkan terbentuknya struktur yang lebih rapat. Hal ini seperti yang terjadi membran PVDF/SA dengan penambahan PEG yang paling besar yaitu sebanyak 5% total berat. Keadaan ini juga berpengaruh pada porositas yang selanjutnya akan dibahas.

Pengamatan morfologi menggunakan SEM yang kedua dilakukan pada permukaan membran untuk mengetahui pori dan penyebaran pori. Seperti yang telah diketahui, PEG merupakan kopolimer hidrofilik yang dapat meningkatkan ukuran permukaan pori pada membran dan permeabilitas air (Ma, dkk., 2016). Hal ini terlihat pada hasil karakterisasi permukaan pada membran melalui SEM pada Gambar 4.4.

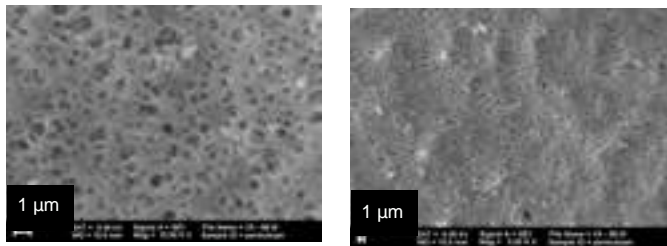
Pada membran PVDF/SA tanpa penambahan PEG, penyebaran pori tidak begitu banyak seperti pada membran lainnya. Masih ada beberapa sisi yang tidak memiliki pori. Penyebaran pori secara merata terlihat pada membran PVDF/SA dengan penambahan 3%, dimana hampir seluruh permukaan memiliki pori dengan ukuran yang sama. Sedangkan pada membran PVDF/SA dengan penambahan 5%, pori yang dihasilkan merupakan pori yang paling besar dibandingkan membran lainnya. Perbedaan ukuran pori cukup terlihat signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan PEG sebagai aditif meskipun dalam jumlah yang sedikit akan sangat berpengaruh terhadap ukuran pori.



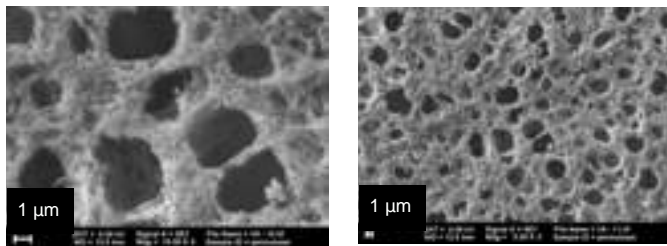
(a)



(b)



(c)



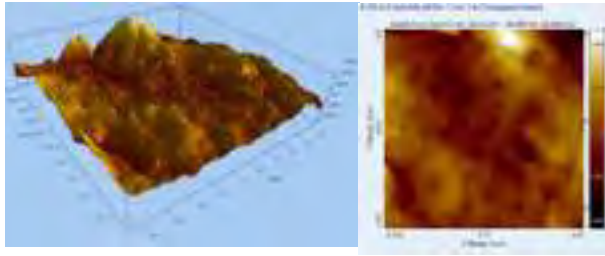
(d)

Gambar 4.4. Morfologi permukaan membran yang memperlihatkan penyebaran dan ukuran pori pada penampang permukaan membran PVDF/SA dengan penambahan (a) PEG 0%; (b) PEG 1%; (c) PEG 3%, dan (d) PEG 5%

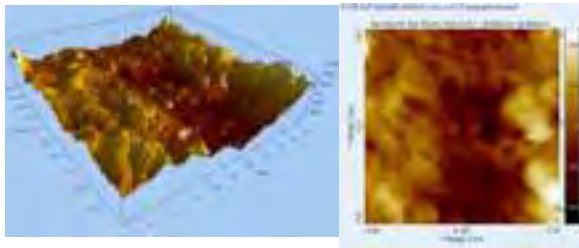
Berdasarkan seluruh gambar hasil karakterisasi SEM, terbukti bahwa membran yang terbentuk merupakan membran asimetris yang tersusun dari beberapa lapisan yang padat dan berpori sebagai penyangga atau *springer* (Notodarmojo, dkk., 2004). Hasil ini juga memperlihatkan bahwa morfologi membran PVDF/SA dengan penambahan PEG yang memiliki pori paling tersebar merata, dan penampang lintang dengan makrovoid yang paling besar adalah membran dengan penambahan PEG sebanyak 3% berat total larutan. Namun, pengamatan morfologi menggunakan SEM pada permukaan ternyata memiliki hasil yang berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Ma dkk. (2016) yang membahas tentang pengaruh PEG terhadap membran PVDF. Pada penelitian tersebut, hasil SEM pada permukaan membran PVDF dengan variasi PEG yang berbeda tidak memberikan perbedaan ukuran pori dan penyebaran pori yang signifikan. Hal ini disebabkan tidak digunakannya selulosa asetat yang memang mampu menutupi kekurangan PVDF, utamanya dalam penyumbatan, salah satunya dengan memperbesar ukuran dan memperluas penyebaran pori membran (Mark, dkk., 1968).

Pengamatan morfologi membran selanjutnya adalah menggunakan *Atomic Force Microscope* (AFM). Penggunaan AFM pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kekasaran pada membran. Hasil karakterisasi AFM dapat dilihat pada Gambar 4.5.

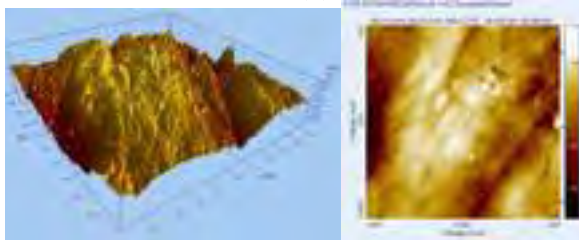
Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa semakin banyak PEG ditambahkan, membran yang terbentuk semakin kasar. Hal ini terjadi karena penambahan PEG memberikan kristalisasi yang tinggi karena viskositas pada larutan cetak juga tinggi (Zheng, dkk., 2015). Kekasaran yang terjadi pada membran ini disebabkan oleh proses inversi fasa yang digunakan, dimana berefek pada struktur morfologi membran (Lee, dkk., 2016). Menurut Zheng dkk. (2015), *trend* ini terjadi karena adanya interaksi yang kuat antara zat aditif (PEG) dengan pelarut (DMAc) atau polimer (PVDF atau selulosa asetat), sehingga semakin tinggi kadar PEG yang ditambahkan, jumlah interaksi ini semakin meningkat dan permukaan yang terbentuk akan semakin kasar. Hal ini sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Zheng dkk. (2011) yang meneliti tentang membran blend PVDF/zirkonia dimana semakin banyak pori pada permukaan, maka permukaan yang terbentuk akan semakin kasar.



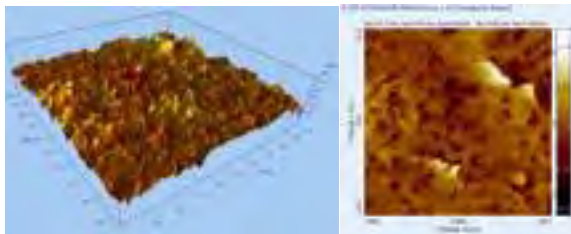
(a)



(b)



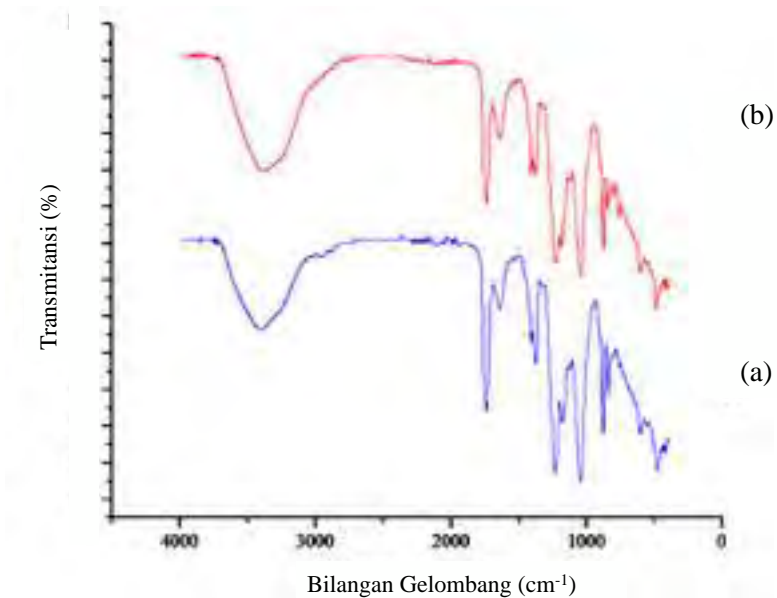
(c)



(d)

Gambar 4.5. Topografi membran PVDF/SA (a) PEG 0%; (b) PEG 1%; (c) PEG 3%, dan (d) PEG 5%

Untuk mengetahui interaksi antara membran PVDF/SA dan PEG, dilakukan karakterisasi dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*), yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Spektra FTIR membran PVDF/SA (a) PEG 0% dan (b) PEG 5%.

Pada Gambar 4.6. terlihat bahwa antara membran yang tidak ditambahkan PEG dan dengan PEG 5% berat total, tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang terlihat adalah intensitas ketajaman puncak yang berbeda, namun dalam bilangan gelombang yang sama. Hal ini memperlihatkan bahwa PEG tidak mempengaruhi interaksi antara PVDF dan SA dalam membran. Penyebab dari tidak adanya interaksi tersebut adalah PEG bersama DMAc keluar dari matriks membran yang kemudian membentuk pori, yang terjadi pada proses inversi fasa pada saat preparasi membran (Zuo dkk., 2008).

Trend spektra yang sama juga terlihat pada hasil penelitian Zheng dkk. (2016), yang meneliti efek berbagai aditif terhadap membran PVDF-CTFE, dan juga hasil penelitian Zuo dkk. (2008) yang meneliti pengaruh PEG terhadap membran PVDF. Kedua penelitian ini memperlihatkan bahwa tidak adanya perbedaan antara spektra sebelum penambahan aditif, dan setelah penambahan aditif yang menandakan bahwa tidak adanya interaksi antara zat aditif dengan membran. Perbedaan puncak serapan dan jenis ikatannya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

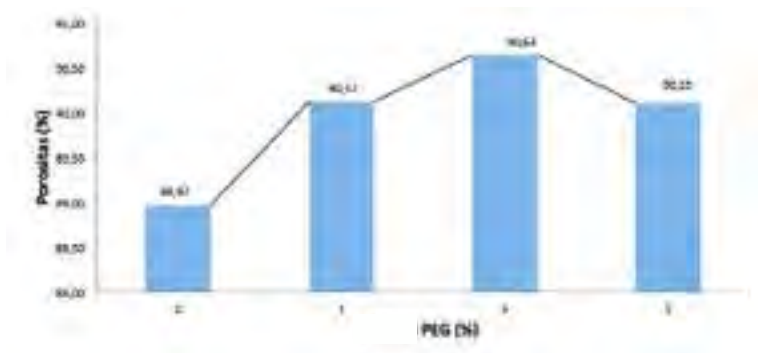
Tabel 4.1. Pita serapan pada spektra membran PVDF/SA

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Intensitas		Jenis Ikatan	Indikasi
	PEG 0%	PEG 5%		
3402,44 - 3385,98	76,483	69,701	<i>stretching</i> ikatan O-H	alkohol alifatik primer
1038,44	34,914	41,231	<i>stretching</i> ikatan C-O	
1735,71	54,005	61,406	<i>stretching</i> ikatan C=O	asetat ester
1230,58	37,220	44,925	absorpsi kuat, vibrasi asimetris ikatan C-O	
1375,3 - 1371,26	67,329	68,879	<i>bending</i> ikatan C-H	gugus metil

4.3. Karakterisasi Performa Membran

Selain morfologi, performa membran PVDF/SA dengan variasi penambahan PEG juga diuji dalam porositas dan fluks air murni. Porositas merupakan salah satu parameter yang erat kaitannya dengan fluks air murni. Selain itu, porositas pada membran digunakan sebagai indikator menyatakan luas permukaan dari membran. Semakin besar porositas dari suatu

membran, maka luas permukaan membran juga akan semakin besar (Zheng dkk., 2016). Grafik porositas membran ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Porositas membran PVDF/SA dengan variasi PEG

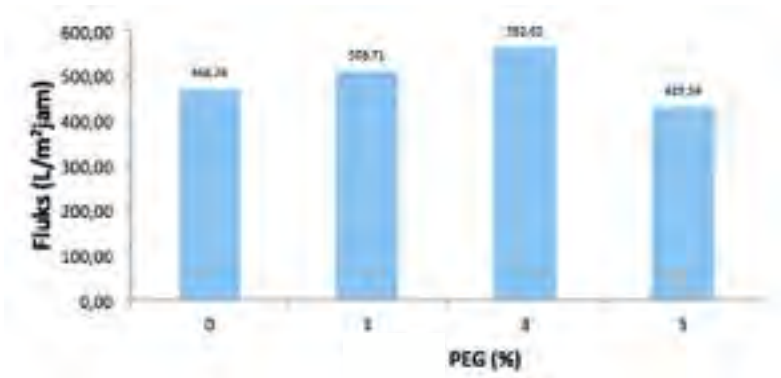
Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa porositas membran semakin meningkat seiring dengan penambahan PEG pada larutan cetak yang terjadi pada membran PVDF/SA dengan penambahan PEG 1% berat dan 3% berat. Hal ini dikarenakan kenaikan jumlah PEG dalam larutan cetak dapat menyebabkan kenaikan pembentukan makrovaid dan porositas membran (Saljoughi dkk., 2010). Hal ini juga sesuai dengan paparan Hu dkk. (2014) yang menyebutkan bahwa penambahan aditif dapat menyebabkan kontribusi penambahan porositas pada membran. Penyebab dari penambahan porositas tersebut dapat dilihat dari nilai kelarutan Hansen, dimana $\Delta\delta$ PEG dalam air (non-pelarut) adalah $34,8 \text{ MPa}^{1/2}$. Nilai $\Delta\delta$ ini mengindikasikan afinitas antara dua komponen tersebut (aditif dan non-pelarut). Konsentrasi PEG dalam larutan cetak dapat meningkatkan rasio arus masuknya non-pelarut pada pelarut yang akan menghasilkan membran dengan porositas tinggi.

Pada membran dengan penambahan 5%, terlihat bahwa porositas justru berkurang, meskipun PEG yang ditambahkan paling besar, yaitu 5% berat. Hal ini disebabkan karena adanya komposisi melimpah (*bulk*) dalam larutan yang justru menyebabkan membran menjadi kompak dan lebih padat pada lapisan sublayer, sehingga menurunkan porositas (Saljoughi dkk.,

2010). Hal ini juga terlihat pada morfologi yang dikarakterisasi dengan SEM, pada bagian melintang membran tersebut dengan sublayer yang terlihat padat dibandingkan variasi lainnya.

Hal serupa terjadi pada penelitian Ma dkk. (2016) yang meneliti pengaruh PEG pada membran PVDF, dan Saljoughi (2010) yang meneliti pengaruh PEG pada membran selulosa asetat. Meskipun membran hanya PVDF atau selulosa asetat saja, *trend* yang terjadi tetap sama.

Porositas pada membran memiliki pengaruh *trend* terhadap fluks air murni. Fluks air murni pada membran dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Fluks air murni membran PVDF/SA dengan variasi penambahan PEG

Fluks air murni dapat dipengaruhi oleh PEG, dimana nilai fluks akan semakin bertambah (Zuo dkk., 2008). Gambar 4.8 memperlihatkan fluks air murni yang bertambah pada membran PVDF/SA dengan penambahan PEG sebanyak 1% dan 3% berat. Namun, fluks air murni semakin berkurang pada membran dengan penambahan 5% berat. Hal ini berkaitan dengan porositas, dimana membran yang terbentuk semakin kompak karena kenaikan viskositas pada larutan cetak (Saljoughi dkk., 2010).

Tabel 4.2. Performa membran

Membran	Porositas (%)	Fluks Air Murni (Lm²h⁻¹)
PVDF/SA PEG 0%	88,97	468,28
PVDF/SA PEG 1%	90,12	508,71
PVDF/SA PEG 3%	90,63	562,61
PVDF/SA PEG 5%	90,10	429,54

Pada Tabel 4.2 terlihat bahwa nilai porositas membran cukup tinggi, yaitu dalam kisaran nilai 89 hingga 90%. Hal ini juga sebanding dengan nilai fluks air murni, yaitu dalam kisaran 429 hingga 562 Lm²h⁻¹. Hasil ini berbeda dengan porositas dan fluks air murni dari membran PVDF/SA tanpa penambahan PEG yang diteliti oleh Razzaghi dkk. (2014), dimana nilai maksimum porositas adalah 80%, dan nilai maksimum fluks air murni yang dicapai yaitu 522 Lm²h⁻¹. Dari perbandingan kedua penelitian ini, terlihat bahwa PEG dapat berpengaruh untuk memperbesar nilai porositas dan fluks air murni pada membran PVDF/SA, dengan nilai optimum penambahan PEG adalah 3% berat total.

4.6. Aplikasi Membran Terhadap Reduksi Warna Coklat Jus Apel

4.6.1. Performa Membran Terhadap Penjernihan Jus Apel

Aplikasi membran PVDF/SA dengan variasi penambahan PEG diujikan terhadap jus apel yang mengalami pencoklatan. Hasil penjernihan memperlihatkan bahwa warna coklat pada jus apel semakin berkurang, seperti yang terlihat pada Gambar 4.9. Hasil penjernihan paling bening terdapat pada permeat dari membran dengan penambahan PEG 1%. Hal ini sesuai dengan hasil karakterisasi morfologi membran sebelumnya, dimana membran tersebut memiliki makrovoid yang memipih dan sempit sehingga membran tersebut mampu menyaring warna coklat jus apel lebih efektif dibandingkan membran dengan variasi lain. Hal ini didukung oleh hasil uji kekeruhan yang terdapat pada Tabel

4.3. Pada Gambar 4.10 terlihat warna coklat tereduksi dari coklat gelap menjadi bening kecoklatan.



Gambar 4.9. Perbandingan hasil penjernihan jus apel menggunakan membran PVDF/SA dengan variasi penambahan PEG dari keruh menjadi jernih.

Tabel 4.3. Nilai kekeruhan pada hasil penjernihan jus apel menggunakan membran PVDF/SA dengan penambahan PEG

Membran yang digunakan	Kekeruhan (NTU)
Tanpa penjernihan	2220,00
PVDF/SA PEG 0%	278,00
PVDF/SA PEG 1%	109,00
PVDF/SA PEG 3%	145,00
PVDF/SA PEG 5%	215,00

Hasil uji kekeruhan yang paling rendah adalah pada permeat membran dengan penambahan PEG 1%, yaitu 109,00

NTU. Pada membran tanpa penambahan PEG, kekeruhan permeat yang dihasilkan yang dihasilkan justru lebih keruh daripada permeat dari membran PVDF/SA PEG 5%. Hal ini disebabkan karena permukaan membran tersebut yang lebih halus seperti ditunjukkan oleh hasil AFM pada gambar 4.6. Permukaan halus pada membran lebih banyak dan cepat menyaring *feed* (Riedl, 1996). Hasil ini menunjukkan bahwa membran tanpa penambahan PEG kurang baik apabila diaplikasikan untuk penjernihan jus apel.

Nilai hasil uji kekeruhan ini berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan Alvarez dkk. (2000) yang dapat mencapai hasil kekeruhan hingga 0,2 NTU dalam penjernihan jus apel. Perbedaan ini disebabkan karena adanya perlakuan khusus terhadap enzim pencoklatan, dan proses yang dipakai pada membran, yaitu osmosa balik yang memiliki pori lebih kecil dibandingkan pori dari membran PVDF/SA dengan penambahan PEG. Zhao dkk. (2015) yang meneliti tentang penjernihan jus apel menggunakan membran mikrofiltrasi, memaparkan bahwa meskipun pori membran lebih besar, proses mikrofiltrasi mampu menahan mikroba, dan dapat mempertahankan kualitas nutrisi dan ciri sensor dari jus apel. Ciri sensor yang dimaksud adalah aroma, rasa, dan warna. Sedangkan salah satu nutrisi yang terkandung dalam jus apel adalah zat pektin yang dapat lolos pada pori di atas 1,4 μm . Zat pektin ini merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh karena mengandung serat yang dapat menjaga kesehatan usus, tingkat glukosa darah, dan mereduksi kemungkinan penyakit dalam (Zhao dkk., 2015). Selain itu, proses mikrofiltrasi ini banyak digunakan secara komersial dalam proses kontinu untuk penjernihan jus apel karena memberikan hasil yang signifikan, menghemat waktu, dan material (Grandson dan Lewis, 1996).

Permeat yang didapatkan dari membran PVDF/SA dengan penambahan PEG lebih jernih 95,10% dari produk awal. Nilai ini tidak jauh berbeda dari permeat yang didapatkan dari penelitian Zhao dkk. (2015) dari membran keramik tubular Al_2O_3 yang

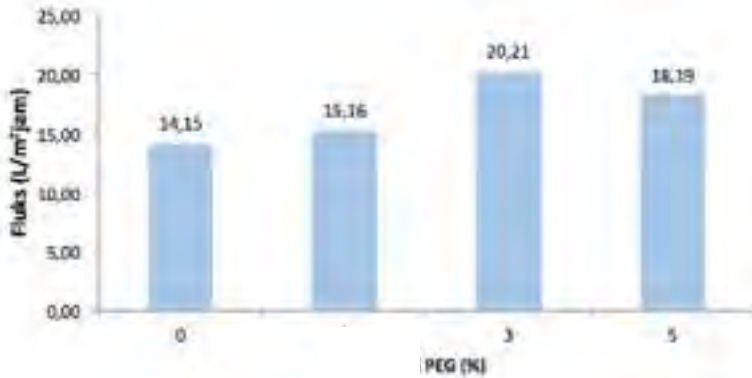
lebih jernih 97,95% dengan membran 1,4 μm dari produk awal 926,50 FNU menjadi 19,04 FNU.

Berdasarkan hasil kekeruhan pada Tabel 4.4, dapat didapatkan hasil rejeksi dari membran PVDF/SA dengan penambahan PEG yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.4. Nilai rejeksi pada hasil penjernihan jus apel menggunakan membran PVDF/SA dengan penambahan PEG

Membran yang digunakan	Rejeksi (%)
PVDF/SA PEG 0%	87,5 %
PVDF/SA PEG 1%	95 %
PVDF/SA PEG 3%	93,5 %
PVDF/SA PEG 5%	90,3 %

Nilai rejeksi ini digunakan untuk mendapatkan perbandingan antara konsentrasi permeat dan retentat. Berdasarkan data pada Tabel 4.4, terlihat bahwa perbandingan konsentrasi permeat dan retentat dicapai oleh penjernihan menggunakan membran dengan penambahan PEG 1%, yaitu sebanyak 95%. Sedangkan membran tanpa penambahan PEG memiliki nilai rejeksi paling rendah. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, hal ini berkaitan dengan permukaan membran tersebut yang lebih halus dibandingkan permukaan lainnya sehingga mempermudah *feed* untuk lolos pada saat penjernihan dilakukan. Secara keseluruhan, peningkatan jumlah penambahan PEG dapat menurunkan nilai rejeksi. Hasil yang sama didapatkan dari hasil penelitian Saljoughi dkk. (2010) tentang membran PVDF yang ditambahkan PEG, meskipun rejeksi diteliti pada bahan lain, yaitu serum albumin. Performa membran pada reduksi pencoklatan apel ini juga diujikan dengan cara menguji fluks pada jus apel. Hasil fluks permeat dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Fluks permeat terhadap variasi PEG

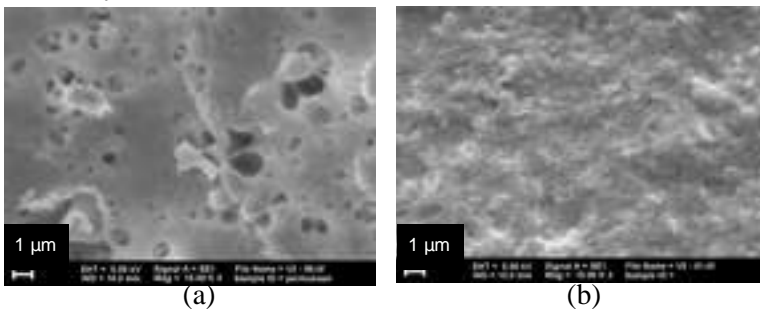
Fluks permeat memiliki *trend* yang sama dengan fluks air murni yang ditunjukkan pada Gambar 4.10. Hal ini menunjukkan bahwa performa membran mampu dipertahankan meskipun membran diujikan terhadap dua larutan yang berbeda, meskipun pada jus apel, hasil permeat yang lebih bening didapatkan dari penjernihan dengan membran PVDF/SA PEG 1%.

Fluks permeat menunjukkan penurunan pada membran PVDF/SA PEG 5%. *Trend* fluks ini sama dengan fluks permeat (jus apel) pada penelitian Fuenmayor dkk. (2014) tentang reduksi warna coklat dari jus apel menggunakan membran nilon *nanofiber*, yang mana hal ini disebabkan oleh adanya penyumbatan progresif oleh zat-zat organik pada membran. *Trend* yang sama juga terjadi pada fluks permeat (jus apel) pada penelitian Zhao dkk. (2015). Fluks permeat yang diteliti pada pori membran 0,2; 0,45; 0,8; dan 1,4 μm mengalami penurunan pada 1,4 μm , yang merupakan ukuran pori paling maksimum. Ketiga *trend* yang sama ini menunjukkan bahwa ukuran pori sangat berpengaruh pada performa membran, karena faktanya fluks permeat tidak meningkat secara linier dengan ukuran membran, dan ini mengarah pada adanya penyumbatan pori.

4.6.2. Morfologi Membran Setelah Penjernihan Jus Apel

Penyumbatan pada membran yang dibahas pada subbab sebelumnya dapat dilihat pada perbandingan hasil karakterisasi permukaan SEM pada permukaan membran sebelum dan sesudah dilakukan penjernihan, pada Gambar 4.11.

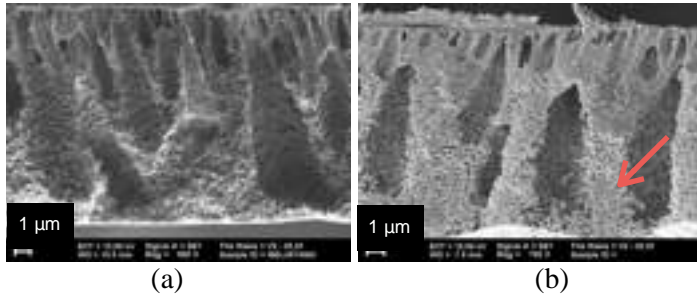
Pada Gambar 4.12(a), pori dan persebarannya masih terlihat jelas pada membran, berbeda dengan Gambar 4.12(b) dimana pori sudah tertutupi seluruhnya oleh zat organik pada jus apel dan menyebabkan terjadinya penyumbatan. Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian Zhao dkk. (2015). Hasil SEM memperlihatkan penyumbatan eksternal pada permukaan membran. Hal inilah yang mampu menyebabkan terjadinya fluks permeat yang semakin menurun seperti yang telah dibahas sebelumnya.



Gambar 4.11. Morfologi permukaan membran PVDF/SA dengan penambahan 1% PEG, pada (a) sebelum penjernihan, dan (b) setelah penjernihan

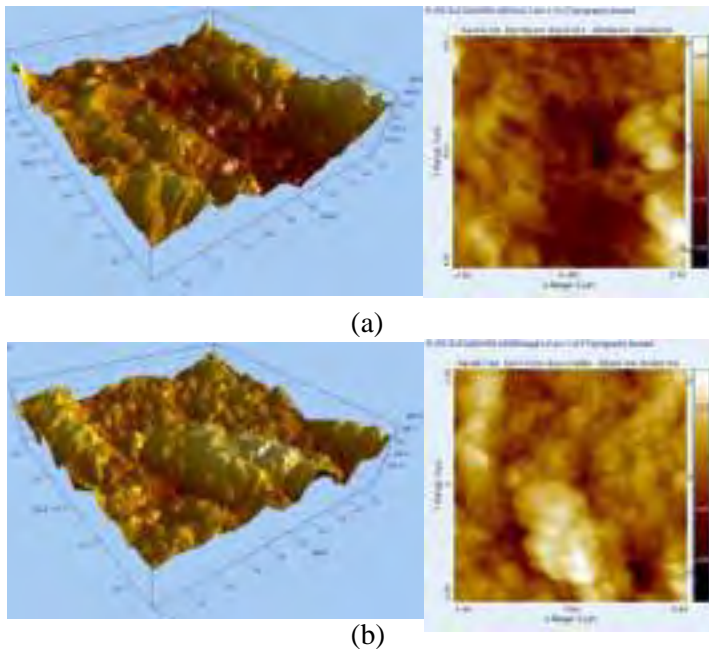
Karakterisasi SEM pada membran setelah penjernihan juga dilakukan pada penampang melintang dalam Gambar 4.12.

Pada Gambar 4.12, penampang melintang membran sebelum dan setelah penjernihan tidak tampak memiliki perubahan yang signifikan. Hanya saja, perbedaan terlihat pada lapisan dalam membran (ditunjukkan oleh panah merah) yang terlihat rusak dan sedikit mengelupas pada bagian dalam ruang yang berbeda dengan sebelum penjernihan dimana lapisan membran tidak ada yang mengelupas.



Gambar 4.12. Morfologi penampang melintang pada membran PVDF/SA dengan penambahan 1% PEG, (a) sebelum dan (b) setelah dilakukan penjernihan

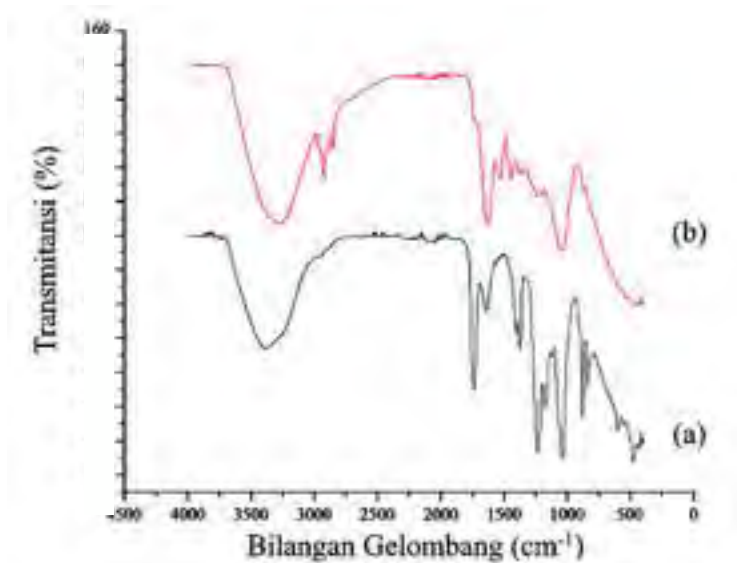
Selain dengan SEM, karakterisasi morfologi membran setelah penjernihan juga dilakukan dengan AFM (*Atomic Force Microscope*). Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Topografi permukaan membran PVDF/SA PEG 1% (a) sebelum dan (b) setelah penjernihan

4.6.3. Interaksi Antara Membran dan Retentat

Interaksi antara membran dan retentat dapat dikarakterisasi dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*), yang dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Spektra FTIR membran PVDF/SA dengan penambahan PEG 1%, (a) sebelum dilakukan penjernihan dan (b) setelah dilakukan penjernihan

Hasil FTIR pada Gambar 4.14. terlihat beberapa perbedaan puncak pada membran PVDF/SA PEG 1% sebelum dan setelah dilakukan penjernihan. Pada membran sebelum penjernihan, terjadi beberapa puncak serapan, yaitu pada 3385,98 cm^{-1} ; 1043,55 cm^{-1} ; 1735,86 cm^{-1} serta 1230,85 cm^{-1} . Puncak serapan berbeda dicapai oleh membran yang sama setelah proses penjernihan, yaitu 3277,61 cm^{-1} ; 2922,02 cm^{-1} ; dan 1638 cm^{-1} . Modus dari puncak serapan ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Pita serapan pada membran PVDF/SA PEG 1% sebelum dan setelah penjernihan

Membran	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Ikatan	Indikasi
Sebelum Penjernihan	3385,98	<i>stretching</i> ikatan O-H	alkohol alifatik primer
	1043,55	<i>stretching</i> ikatan C-O	
	1735,86	<i>stretching</i> ikatan C=O	asetat ester
	1230,85	absorpsi kuat, vibrasi asimetris ikatan C-O	
Setelah Penjernihan	3277,61	<i>stretching</i> ikatan O-H	alkohol primer
	2922,02	<i>stretching</i> ikatan C-H	alkana
	1628,32	<i>stretching</i> gugus C=C	fenol

Pada membran PVDF/SA PEG 1% setelah penjernihan, perbedaan yang signifikan adalah adanya puncak serapan pada puncak serapan pada bilangan gelombang 1628 cm⁻¹. Puncak ini terjadi akibat adanya *stretching* antara ikatan C=C (Ellis dan Coucher, 2013). Ikatan ini mengindikasikan adanya gugus fenol

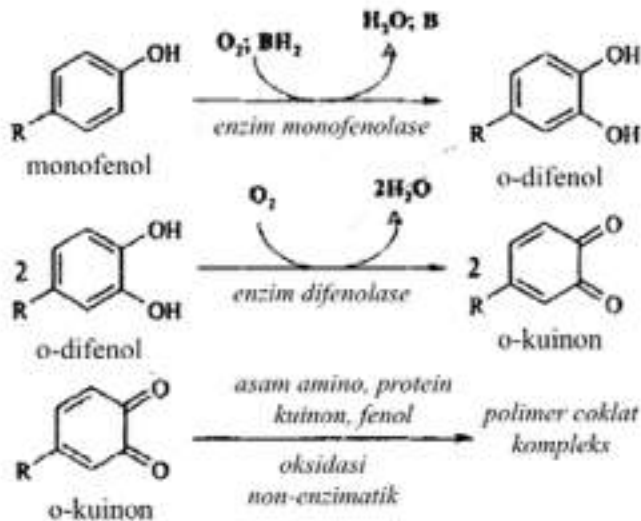
yang terdapat pada polimer akibat terbentuknya warna coklat yang menempel pada membran setelah penjernihan.

Efek ini disebabkan oleh enzim pada jus apel yang menyebabkan terjadinya reaksi berantai sehingga membentuk warna coklat. (Bornemann, 2001). Seperti skema reaksi yang telah digambarkan pada Gambar 2.2, warna coklat yang tersaring dalam membran menjadi retentat. Skema reaksi berantai ditunjukkan pada Gambar 4.15.

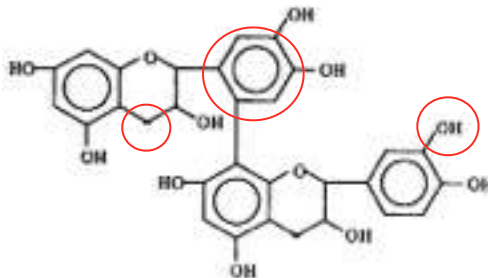


Gambar 4.15. Warna coklat pada membran PVDF/SA PEG 1% yang tampak setelah penjernihan jus apel

Gambar 4.16. menggambarkan reaksi umum terjadinya pencoklatan. Pada gambar tersebut, reaksi pencoklatan yang terjadi dipengaruhi oleh dua enzim, yaitu enzim monofenolase dan enzim difenolase. Kedua enzim tersebut bereaksi oksidasi dengan substrat (Yoruk dan Marshal, 2003). Pada tahap reaksi pertama, terbentuk o-difenol, sedangkan pada tahap reaksi kedua, terbentuk o-kuinon. Reaksi tahap selanjutnya adalah pembentukan polimer coklat kompleks (melanoidin) yang disebabkan oleh oksidasi non-enzimatik. Senyawa polimer coklat kompleks yang terbentuk pada jus apel dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.16. Reaksi umum terjadinya pencoklatan pada jus buah (Yoruk dan Marshal, 2003).



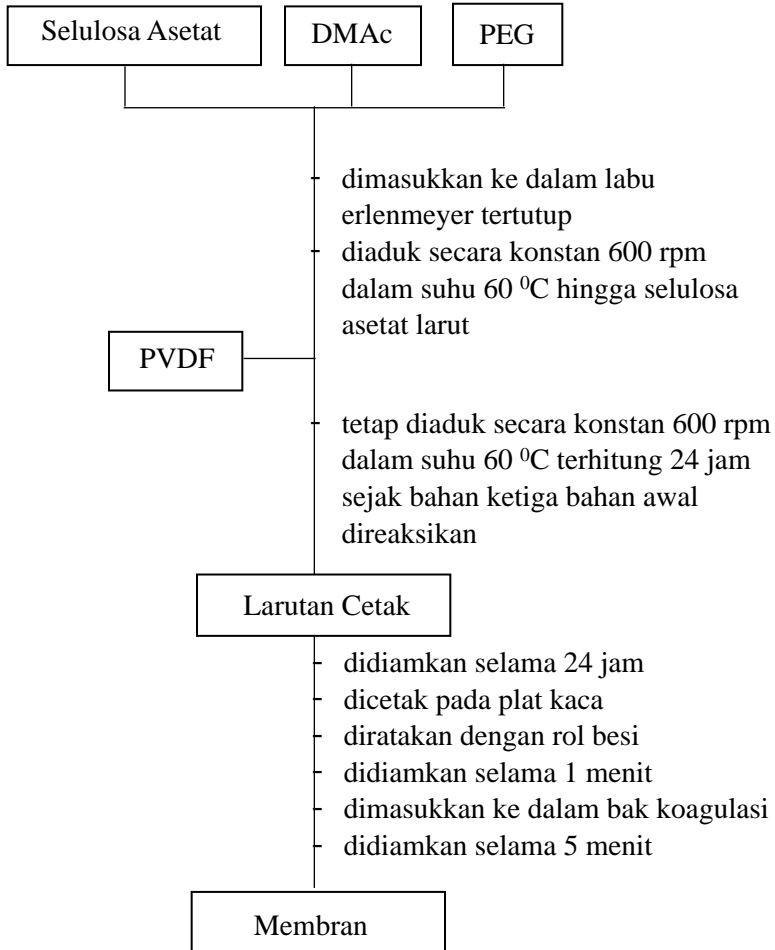
Gambar 4.17. Senyawa polimer coklat kompleks pada yang menyebabkan pencoklatan pada jus apel (Borneman, dkk., 2001).

Senyawa polimer coklat seperti pada Gambar 4.18. tersebut terdeteksi pada spektra FTIR hasil penjernihan, ditandai dengan adanya *stretching* ikatan O-H pada $3277,61\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan alkohol primer; *stretching* ikatan C-H pada

2922,02 cm^{-1} yang mengindikasikan alkana, dan *stretching* ikatan C=C pada 1628,32 cm^{-1} yang mengindikasikan adanya fenol. Masing-masing ditandai dengan lingkaran merah pada Gambar 4.18. Dengan demikian, hasil spektra FTIR membuktikan bahwa senyawa yang menyebabkan pencoklatan pada jus apel tersebut telah berhasil disaring pada membran.

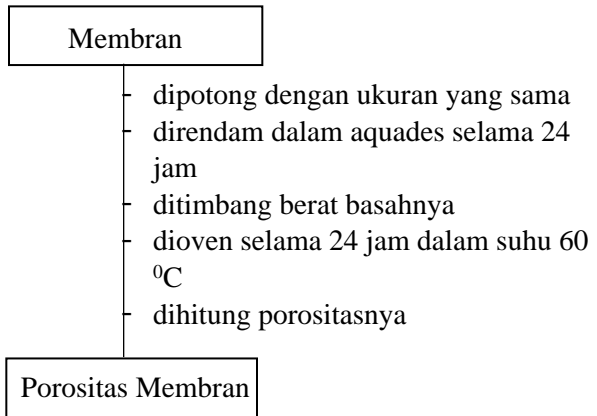
LAMPIRAN A. SKEMA KERJA

A.1. Preparasi Membran PVDF/SA



Gambar A.1. Skema Preparasi Membran PVDF/SA

A.2. Uji Porositas



Gambar A.2. Skema Uji Porositas Membran PVDF/SA

LAMPIRAN B. PERHITUNGAN

B.1. KOMPOSISI VARIASI SAMPEL

B.1.1. MEMBRAN dengan 0% PEG, PVDF/SA 17%

$$\begin{aligned}\text{PVDF} &= (8,5 / 100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 2,55 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selulosa Asetat} &= (8,5/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 2,55 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\text{PEG} = 0$$

$$\begin{aligned}\text{DMAc} &= (83/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 24,9 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\rho \text{ DMAc} = 0,937 \text{ gram mL}^{-1} \text{ sehingga:}$$

$$\begin{aligned}\frac{0,937 \text{ gram}}{1 \text{ mL}} &= \frac{24,9 \text{ gram}}{x \text{ mL}} \\ x \text{ mL} &= 26,574 \text{ mL DMAc}\end{aligned}$$

B.1.2. MEMBRAN dengan 1% PEG, PVDF/SA 16%

$$\begin{aligned}\text{PVDF} &= (8 / 100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 2,4 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selulosa Asetat} &= (8/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 2,4 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\text{PEG} = (1/100) \times 30 \text{ gram} = 0,3 \text{ gram}$$

$$\rho \text{ PEG} = 1,13 \text{ gram mL}^{-1} \text{ sehingga:}$$

$$\begin{aligned}\frac{1,13 \text{ gram}}{1 \text{ mL}} &= \frac{0,3 \text{ gram}}{x \text{ mL}} \\ x \text{ mL} &= 0,265 \text{ mL PEG}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{DMAc} &= (83/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 24,9 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ DMAC} &= 0,937 \text{ gram mL}^{-1} \text{ sehingga:} \\ \frac{0,937 \text{ gram}}{1 \text{ mL}} &= \frac{24,9 \text{ gram}}{x \text{ mL}} \\ x \text{ mL} &= 26,574 \text{ mL DMAC} \end{aligned}$$

B.1.3. MEMBRAN dengan 3% PEG, PVDF/SA 14%

$$\begin{aligned} \text{PVDF} &= (7 / 100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 2,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selulosa Asetat} &= (7/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 2,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{PEG} = (3/100) \times 30 \text{ gram} = 0,9 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ PEG} &= 1,13 \text{ gram mL}^{-1} \text{ sehingga:} \\ \frac{1,13 \text{ gram}}{1 \text{ mL}} &= \frac{0,9 \text{ gram}}{x \text{ mL}} \\ x \text{ mL} &= 0,796 \text{ mL PEG} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DMAc} &= (83/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 24,9 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ DMAC} &= 0,937 \text{ gram mL}^{-1} \text{ sehingga:} \\ \frac{0,937 \text{ gram}}{1 \text{ mL}} &= \frac{24,9 \text{ gram}}{x \text{ mL}} \\ x \text{ mL} &= 26,574 \text{ mL DMAC} \end{aligned}$$

B.1.4. MEMBRAN dengan 5% PEG, PVDF/SA 12%

$$\begin{aligned} \text{PVDF} &= (6 / 100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 1,8 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selulosa Asetat} &= (6/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 1,8 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{PEG} = (5/100) \times 30 \text{ gram} = 1,5 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ PEG} &= 1,13 \text{ gram mL}^{-1} \text{ sehingga:} \\ \frac{1,13 \text{ gram}}{1 \text{ mL}} &= \frac{1,5 \text{ gram}}{x \text{ mL}} \\ x \text{ mL} &= 1,327 \text{ mL PEG} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DMAc} &= (83/100) \times 30 \text{ gram} \\ &= 24,9 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ DMAc} &= 0,937 \text{ gram mL}^{-1} \text{ sehingga:} \\ \frac{0,937 \text{ gram}}{1 \text{ mL}} &= \frac{24,9 \text{ gram}}{x \text{ mL}} \\ x \text{ mL} &= 26,574 \text{ mL DMAc} \end{aligned}$$

B.2. UJI FLUKS AIR MURNI

$$\begin{aligned} J &= V / (A \times t) \\ &= 0,009 \text{ mL} / (7,5625 \text{ cm}^2 \times 0,00833 \text{ jam}) \\ &= 454,8086 \text{ L m}^{-2} \text{ jam}^{-1} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan fluks dengan cara yang sama untuk seluruh variasi membran dilampirkan pada Lampiran C

B.3. UJI POROSITAS

$$\begin{aligned} \% P &= \frac{(W_w - W_d) / (\rho_{\text{air}})}{\{(W_w - W_d) / (\rho_{\text{air}})\} + (W_d / \rho_{\text{CA}})} \times 100\% \\ &= \frac{(0,0885 - 0,0169) / (1)}{\{(0,0885 - 0,0169) / (1)\} + (0,0169 / 1,73)} \times 100\% \\ &= 88,0092\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan uji porositas dengan cara yang sama untuk seluruh variasi membran dilampirkan pada Lampiran C

LAMPIRAN C. HASIL UJI MEMBRAN

C.1. DATA HASIL UJI FLUKS AIR MURNI

Tabel C.1. Data hasil uji fluks air murni pada membran PVDF/SA

Kode	Variasi PEG	Ke-	Volume (L)	Jari-jari (cm)	Kuadrat (cm ²)	Luas membran (m ²)	Waktu (jam)	Fluks (L/m ² .jam)
V1	0	1	0,009	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	454,8086444
		2	0,0098	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	495,2360795
		3	0,009	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	454,8086444
V2	0,01	1	0,0102	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	515,449797
		2	0,0108	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	545,7703733
		3	0,0092	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	464,9155032
V3	0,03	1	0,011	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	555,877232
		2	0,0114	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	576,0909496
		3	0,011	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	555,877232
V4	0,05	1	0,009	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	454,8086444
		2	0,008	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	404,2743506
		3	0,0085	2,75	7,5625	0,002374626	0,008333333	429,5414975

C.2. DATA HASIL UJI POROSITAS

Tabel C.2. Data hasil uji porositas pada membran PVDF/SA

Variasi PEG	Ke-	Berat Basah (W wet)	Berat Kering (W dry)	Porositas (%)	
0	1	0,0886	0,0169	88,00916696	88,96815614
	2	0,0904	0,0153	89,46447877	
	3	0,0919	0,0156	89,4308227	
1%	1	0,1330	0,0219	89,77127831	90,12173503
	2	0,1683	0,0247	90,95662107	
	3	0,0990	0,0165	89,6373057	
3%	1	0,1627	0,0239	90,94779262	90,63001034
	2	0,1742	0,0267	90,52771619	
	3	0,1555	0,0241	90,4145222	
5%	1	0,1755	0,0324	88,42704214	90,1011947
	2	0,1937	0,0278	91,16919255	
	3	0,1727	0,026	90,70734941	

C.3. DATA HASIL UJI FLUKS PERMEAT

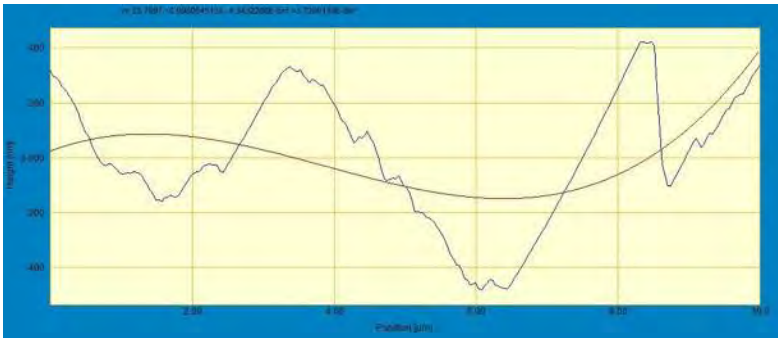
Tabel C.3. Data hasil uji fluks permeat pada membran PVDF/SA

Variasi PEG	Ke-	Volume (L)	Jari-jari (cm)	Kuadrat (cm ²)	Luas membran (m ²)	Waktu (jam)	Fluks (L/m ² .jam)
0	1	0,0028	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	14,14959718
	2	0,0028	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	14,14959718
	3	0,0028	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	1,41E+01
1%	1	0,003	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	15,16028269
	2	0,003	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	15,16028269
	3	0,003	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	15,16028269
3%	1	0,004	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	20,21371025
	2	0,004	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	20,21371025
	3	0,004	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	20,21371025
5%	1	0,0036	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	18,19233923
	2	0,0036	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	18,19233923
	3	0,0036	2,75	7,5625	0,002374626	0,08333333	18,19233923

LAMPIRAN D. DATABASE KARAKTERISASI

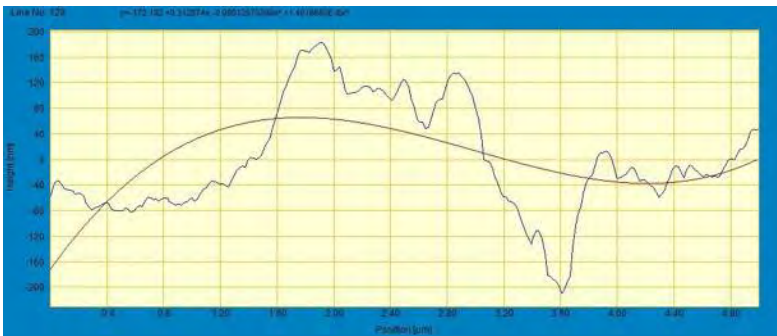
D.1. KARAKTERISASI AFM

D.1.1 MEMBRAN PVDF/SA PEG 0%



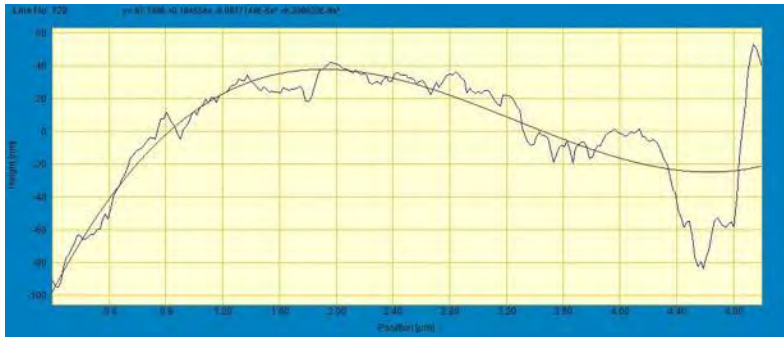
Gambar D.1. Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/SA PEG 0%

D.1.2. MEMBRAN PVDF/SA PEG 1%



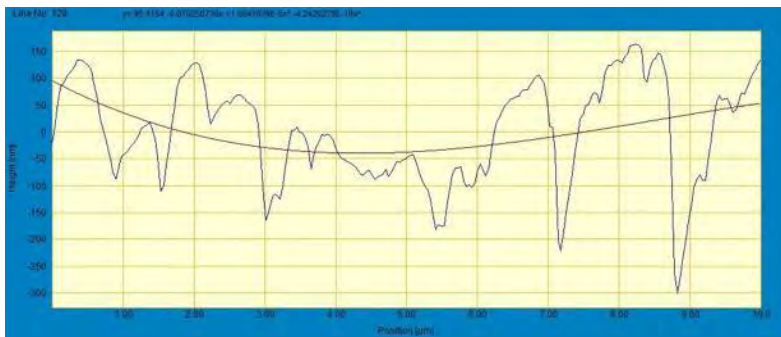
Gambar D.2. Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/SA PEG 1%

D.1.3. MEMBRAN PVDF/SA PEG 3%



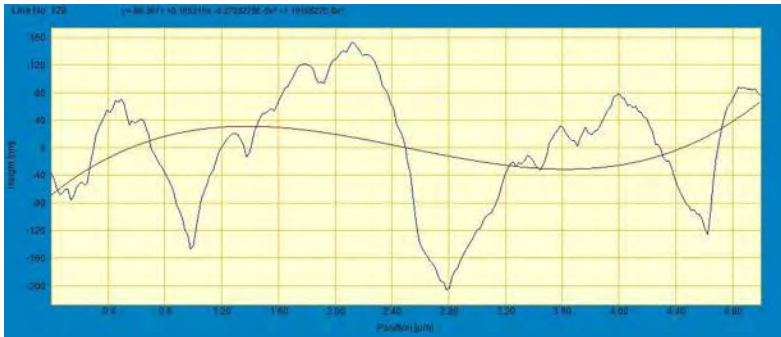
Gambar D.3. Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/SA PEG 3%

D.1.4. MEMBRAN PVDF/SA PEG 5%



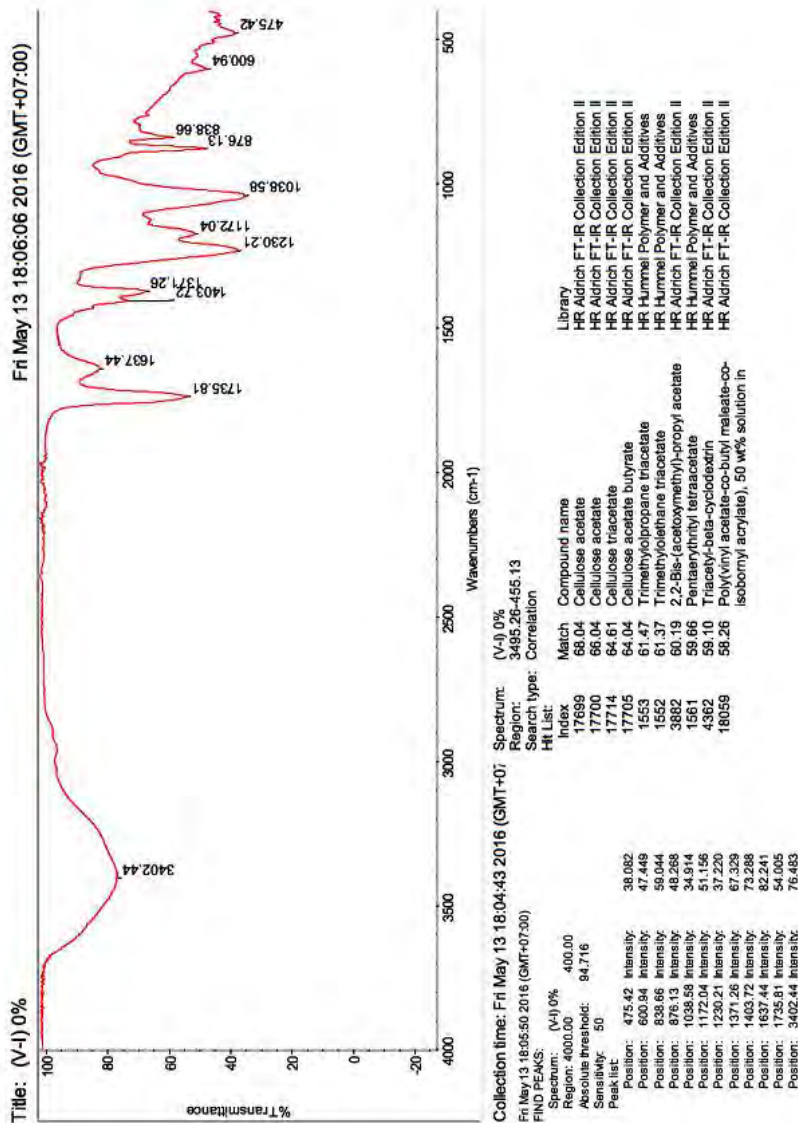
Gambar D.4. Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/SA PEG 5%

D.1.5. MEMBRAN PVDF/SA PEG 1%



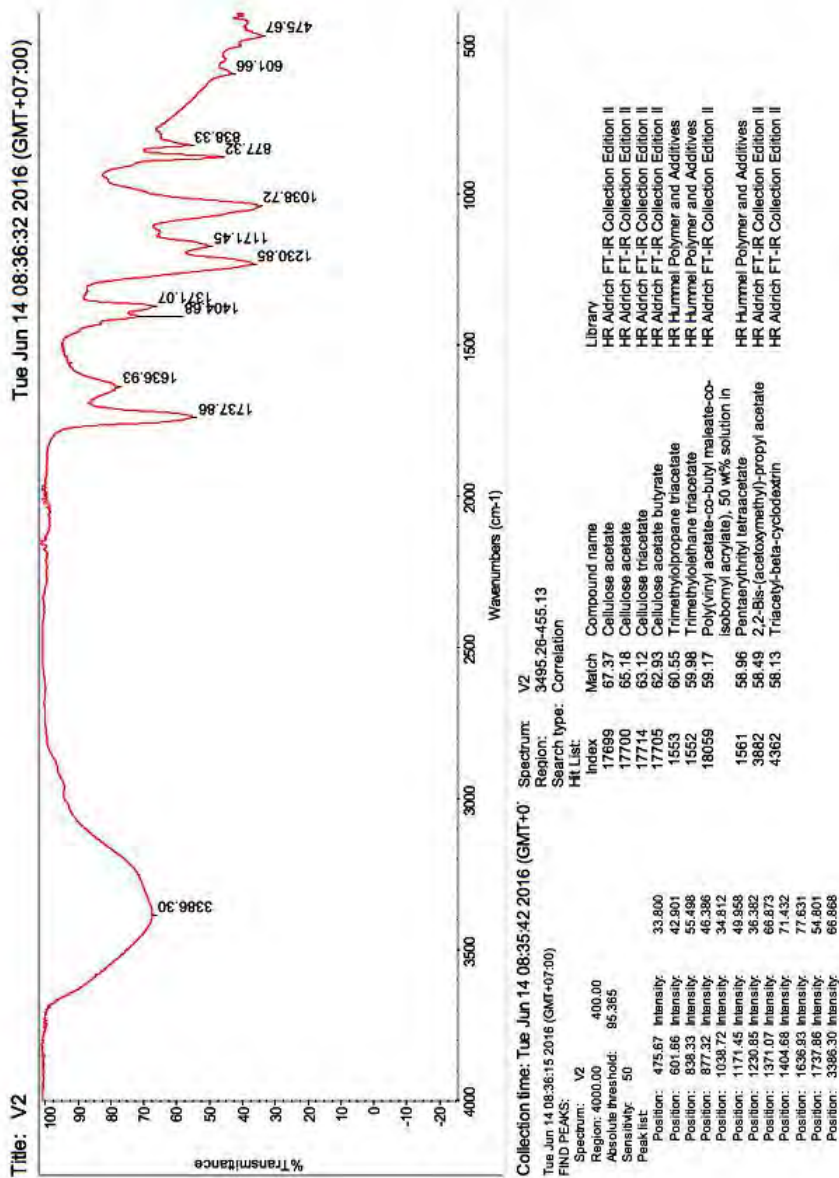
Gambar D.5. Hasil karakterisasi AFM pada membran PVDF/SA PEG 1% setelah penjernihan jus apel

D.2. KARAKTERISASI FTIR
D.2.1. MEMBRAN PVDF/SA PEG 0%



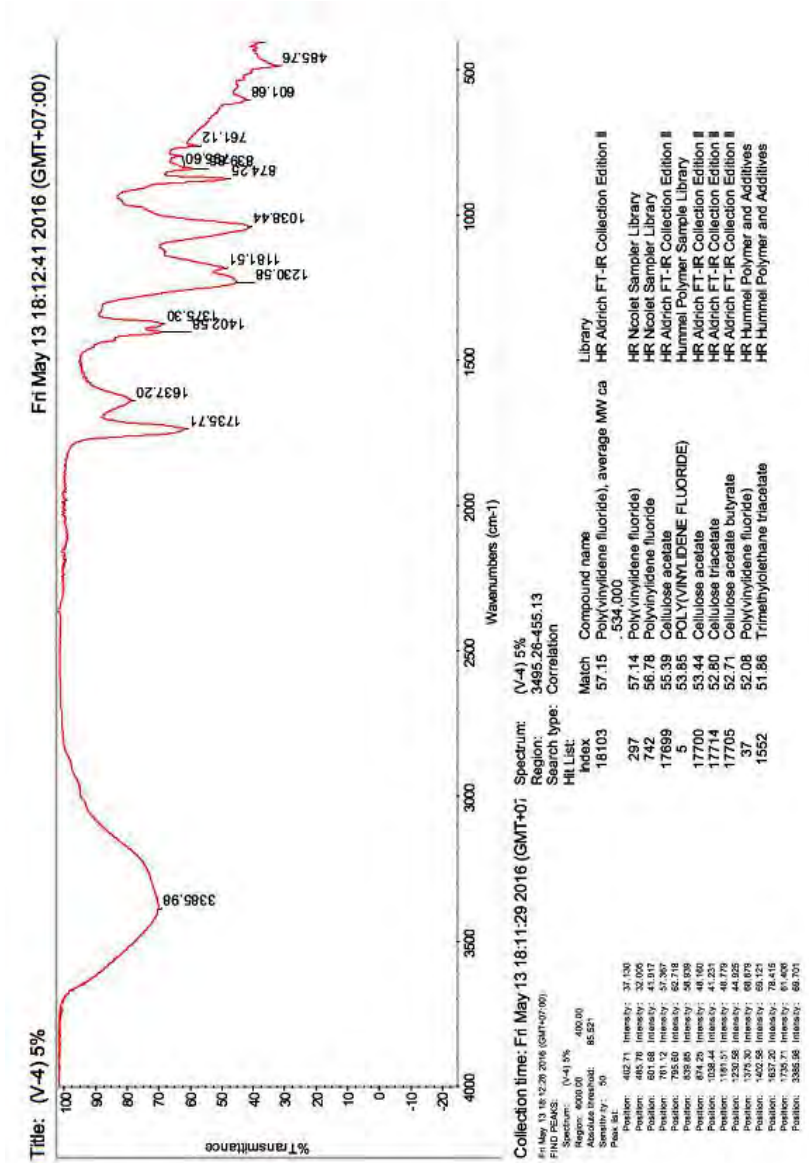
Gambar D.6. Spektra FTIR membran PVDF/SA PEG 0%

D.2.2. MEMBRAN PVDF/SA PEG 1%



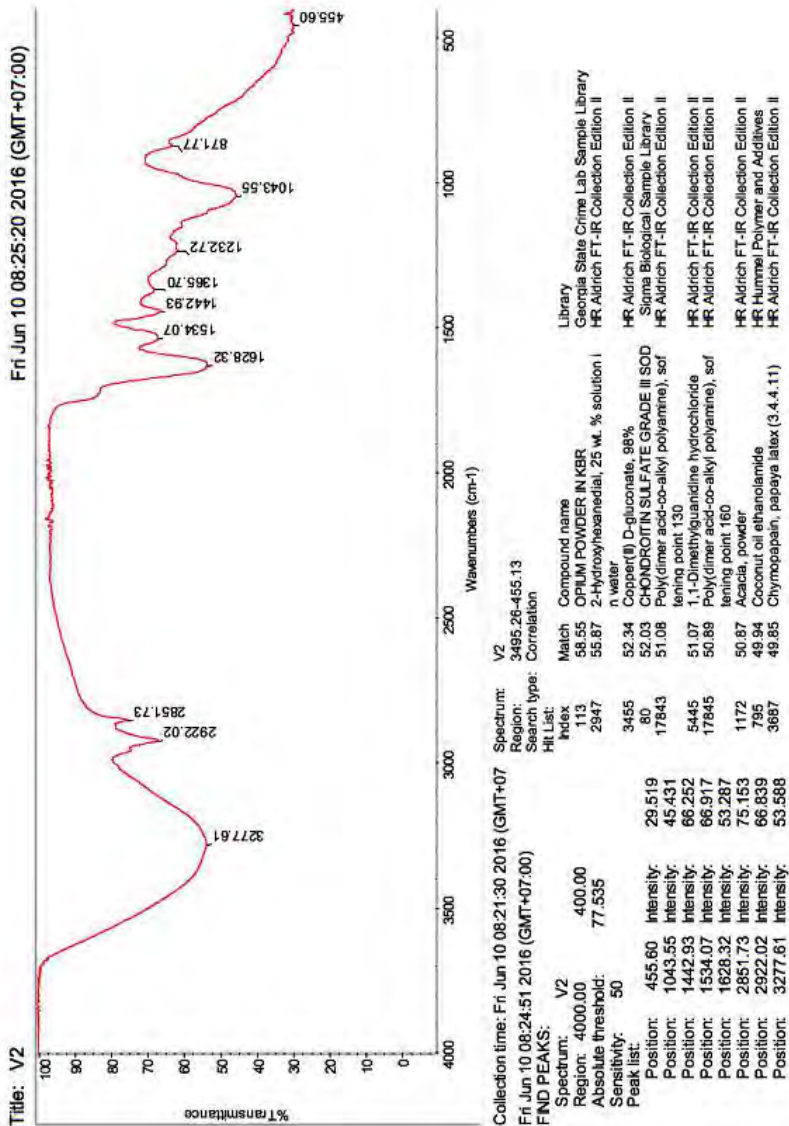
Gambar D.7. Spektra FTIR membran PVDF/SA PEG 1%

D.2.3. MEMBRAN PVDF/SA PEG 5%



Gambar D.8. Spektra FTIR membran PVDF/SA PEG 5%

D.2.4. MEMBRAN PVDF/SA PEG 1%SETELAH PENJERNIHAN



Gambar D.9. Spektra FTIR membran PVDF/SA PEG 1% setelah penjernihan jus apel

BAB V

KESIMPULAN

1. Kesimpulan

Membran blend PVDF/SA dengan penambahan PEG sebagai aditif pada larutan cetak telah dipreparasi menggunakan metode inversi fasa. Efek penambahan PEG terhadap kinerja membran yang terjadi antara lain peningkatan ukuran pori dan persebaran pori yang terlihat pada hasil karakterisasi SEM, peningkatan porositas maksimum yaitu 90,63% (PEG 3% berat total), serta peningkatan fluks air murni maksimum yaitu 562,62 Lm⁻²h⁻¹ (PEG 3% berat total). Namun, penurunan porositas dan fluks terjadi pada membran dengan penambahan PEG sebanyak 5% berat total. Performa membran terbaik dicapai dengan penambahan PEG sebanyak 3% berat total larutan. Tidak ada interaksi yang terjadi pada membran PVDF/SA dengan PEG. Membran PVDF/SA selanjutnya diaplikasikan untuk mereduksi warna coklat pada jus apel. Proses penjernihan yang paling maksimum dicapai oleh membran dengan penambahan PEG sebanyak 1% berat, dengan kekeruhan 109,00 NTU yang lebih jernih 95,10% dari jus apel awal.

Membran PVDF/SA sebelum dan setelah penjernihan dikarakterisasi menggunakan SEM, AFM, dan FTIR. Berdasarkan karakterisasi FTIR pada membran PVDF/SA PEG 1% setelah penjernihan, memperlihatkan adanya perbedaan puncak pada pita serapan, yang mengindikasikan adanya metanoidin pada membran. Hasil karakterisasi SEM memperlihatkan perbedaan permukaan dan penampang melintang membran yang tampak berbeda setelah proses penjernihan, yaitu pori yang tertutup permeat yang menyebabkan penyumbatan pada permukaan, dan kulit membran yang sedikit terkelupas pada ruang bagian dalam pori pada penampang melintang. Hasil karakterisasi AFM memperlihatkan bahwa permukaan membran yang kasar dan tertutup oleh retentat yang mengindikasikan adanya penyumbatan.

2. Saran

Hasil permeat dari percobaan ini yang nantinya akan dikonsumsi sebagai jus apel perlu diteliti lagi mengenai:

1. Kandungan serat (pektin), gula, dan protein yang ada di dalam jus apel, untuk menunjang kualitas nutrisi jus apel.
2. Dilakukan variasi jus buah lain untuk lebih mengetahui performa membran dan aplikasinya dalam hal makanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Syahril. (2006). Pembuatan Membran Selulosa Asetat pada Berbagai Variasi Komposisi Polimer, Jenis Pelarut, dan Konsentrasi Aditif. *Prosiding Simposium Nasional Polimer V*, 75-80.
- Alvarez, S., Riera, F., Alvarez, R., Coca, J., Cuperrus, F., Bouwer, S., Boswinkel, G., Gemert, R.W. van., Veldsink, J.W., Giorno, L., Donato, L., Todisco, S., Drioli, E., Olsson, J., Tragardh, G., Gaeta, S.N., dan Panyor, L. (2000). A New Integrated Membrane Process for Producing Clarified Apple Juice and Apple Juice Aroma Concentrate. *Journal of Food Engineering* 46, 109-125.
- Arthanareeswaran, G., Thanikaivelan, P., Srinivasn, K., Mohan, D., dan Rajendran, M. (2004). Synthesis, Characterization, and Thermal Studies on Cellulose Acetate Membranes with Additives. *European Polymer Journal* vol. 40 Issue 9, 2153-2159.
- Atkins, Peter., Overton, Tina., Rourke, Jonathan., Weller, Mark., Armstrong, Fraser., dan Hagerman, Michael. (2010). "Inorganic Chemistry" 5th ed. WH Freeman dan Company, New York.
- Bhongsuwan. (2008). Preparation of Cellulose Acetate Membrane for Ultra-nanofiltration. *Kasetart Journal of Natural Science* 42, 311-317.
- Borneman, Zandrie., Gökmen, Vural., dan Nijhuis, Herry. (2001). Selective Removal of Polyphenols and Brown Colour in Apple Juices using PES/PVP Membranes in a Single Ultrafiltration Process. *Separation and Purification Technology* 22-23.
- Chen, Ji., Spear, Scott K., Huddleston, Jonathan G., dan Rogers, Robin D. (2005). Polyethylene Glycol and Solutions of Polyethylene Glycol as Green Reaction Media. *The Journal of Royal Society of Chemistry* 7, 64-82.
- Cheng, G.W., dan Crisosto, C.G. (2005). Browning Potential, Phenolic Composition, and Polyphenoloxidase Activity of Buffer Extracts of Peach dan Nectarine Skin Tissue. *Journal of American Society* 120, 835-838.

- Chornomaz, P. M., Pagliero, C., Marchese, J., dan Ochoa, N.A. (2013). Impact of Structural and Textural Membrane Properties on Lemon Juice Clarification. *Food and Bioproducts Processing* 91, 67-73.
- Coblentz Society. (2009) Standart Reference Data Program. US Secretary of Commerce, National Institute of Standarts and Technology.
- Echavarria, Velez., Carles, Torras., Pagan, Jordi., dan Ibarz, Albert. (2011). Fruit Juice Processing and Membrane Technology Application. *Food Engineering Reviews* 3, 136-158.
- Ellis, David., dan Coucher, David. (2013). Illuminating Disease and Enlightening Biomedicine: Raman Spectroscopy as a Diagnositic Tool. *Analyst Journal* 138, 3847-4204.
- Fairuz, Ahmad., dan Zubir, Mohammad. (2009). Turbidimeter Design and Analysis: A Review on Optical Fiber Sensors for the Measurement of Water Turbidity. *Sensors* 9, 8311-8335.
- Freedonia Inc. (2015). "World Membrane Separation Technologies—Demand and Sales, Forecasts, Market Leaders". Freedonia Group: 499.
- Fuenmayor, Carlos Alberto., Lemma, Solomon Mengistu., Mannino, Saverio., dan Mimmo, Tanja. (2014). Filtration of Apple Juice by Nylon Nanofibrous Membranes. *Journal of Food Engineering* 122, 110-116.
- Grandison, A.S., dan Lewis, M.J. (1996). "Separation and Processes in the Food and Biotechnology Industries". Woodhead Publishing Limited: Cambridge.
- Hanum, Farida. (2002). Proses Pengolahan Air Sungai untuk Keperluan Air Minum. *Jurnal Program Studi Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara*.
- Hu, Tao., Dong, Guang Xi., Li, Hongyu., dan Chen, Vicki. (2014). Effect of PEG and PED-PDMS Copolymer Additives on the Structure and Performance of Matrimid Hollow Fibers for Carbondioxide Separation. *Journal of Membrane Science* 468, 107-117.
- Kang, Guo-dong., dan Cao, Yi-Ming. (2014) Application and Modification of Polyvinilidene Fluoride Membranes: A Review. *Journal of Membrane Science* 463, 145-165.

- Kesting, R.E. (1985). "Synthetic Polymeric Membranes: A Structural Perspective", New York: Wiley.
- King, P.L., Ramsey, M.S., McMillan, P.F., dan Swayze, G. (2014). Laboratory Fourier Transform Infrared Spectroscopy Methods for Geologic Samples. *Geological Survey* 3, 57-92.
- Kools, Willem F. C. (1968). "Membrane Formation by Phase Inversion in Multicomponent Polymer System". [Tesis]. Universiteit Twente: Hoogstraten.
- Kronenberger, Astrid. (2006). "Atomic Force Microscopy; Basics, and Applications", Cooperative Projects of the Natural, Engineering, dan Biosciences, Jacob University.
- Kusworo, T.D., Wibowo, Budiyono A.I., Harjanto, G.D., Yudisthira, A.D., dan Iswanto, F.B. (2013). Cellulose Acetate Membrane with Improved Perm-Selectivity through Modification Dope Composition and Solvent Evaporation for Water Softening. *Research Journal of Applied Science, Engineering, dan Technology* 7, 3852-3859.
- Lang, Wan-Zhong., Xuan, Zhang., Shen, Jian-Ping., Xu, Hai-Peng., dan Xu, Zhen-Liang. (2014). The Contrastive Study of Chemical Treatment on the Properties of PVDF/PFSA and PVDF/PVP Ultrafiltration Membranes. *Desalination* 341, 78-82.
- Lee, Bonggi., Seo, Jeong Dae., Rhee, Jin Kyu., dan Kim, ChoonYoung. (2016). Heated Apple Juice Supplemented with Onion has Greatly Improved Nutritional Quality and Browning Index. *Journal of Food Chemistry* 201, 315-319.
- Lee, Ju sung., Heo, Sung Ah., Jo, Hyung Jun., dan Min, Byoun Ryul. (2016). Preparation dan Characteristics of Cross-linked Cellulose Acetate Ultrafiltration Membranes with High Chemical Resistance and Mechanical Strength. *Journal of Reactive dan Functional Polymers* 99, 114-121.
- Lewis, Richard S. (1993). "Hawley's Condensed Chemical Dictionary" 10th ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Mark. H.F., Ketta, J.McJ., Othmer, D.F. (1968). "Encyclopedia of Chemical Technology" Second Edition. Interscience Publisher, New York.

- Ma, Wenzhong., Rajabzadeh, Saeid., Shaikh, Abdul Rajjak., Kakihana, Yuriko., Sun, Yuchen., dan Matsuyama, Hideto. (2016). Effect of PEG Based Amphiphilic Copolymer on Antifouling Properties of Copolymer PVDF Blend Membranes. *Journal of Membrane Science* 514, 429-439.
- Mu, Chunxia., Su, Yanlei., Sun, Mengping., Chen, Wenjuan., dan Jiang, Zhongyi Jiang. (2010). Remarkable Improvement of the Performance of Polyvinylidene Fluoride Microfiltration Membranes by the Additive of Cellulose Acetate. *Journal of Membran Science* 330, 293-300.
- Notodarmojo, Suprihanto., Zulkarnaen, T., Mayasanthi, Dini., dan Irsyad, M. (2004). Efek Pretreatment Terhadap Pembentukan Lapisan Cake dan Struktur Membran pada Membran Ultrafiltrasi Aliran Cross-Flow dalam Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak. *Proc ITB Sains dan Teknologi* 36, 127-144.
- Nunes, Suzana Pereira., dan Peinemann, Klauss-Viktor. (2006). "Membrane Technology in Chemical Industry". Wiley-VCh Verlag GmbH dan Co. KGaA, Weiheim.
- Rahmawati, F. (2008). Pengaruh Vitamin C Terhadap Aktivitas Polifenol Oksidase Buah Apel Merah (Pyrus Malus) Secara In-Vitro. Universitas Muhammadiyah, Surakarta
- Razzaghi, Mohammed Hussein., Safekordi, Aliakbar., Tavakolmaghudam, Maryam., Rekabdar, Fatemeh., dan Hemmati, Mahmood. (2014). Morphological and Separation Performance Study of PVDF/CA Blend Membranes. *Journal of Membrane Science* 470, 547-557.
- Riedl, Ken. (1996). Microfiltration of Apple Juice: Membrane Structure dan Foulant Morphology Effects on Flux Resistance [Tesis]. The Faculty of Graduate Studies of the University of Guelph.
- Saljoughi, Ehsan. Amirlargani, Mohammad., dan Mohammadi, Toraj. (2010). Effect of PEG Additive and Coagulation Bath Temperature on the Morphology, Permeability, and Thermal or Chemical Stability of CA Membranes. *Desalination Journal El-Sevier* 262, 72-78.
- Silviyah, Siti., Widodo, Chomsin, S. dan Masruroh. (2014). Penggunaan Metode FTIR untuk Mengidentifikasi Gugus

- Fungsi pada Proses Pembaluran Penderita Mioma. *Jurnal Jurusan Fisika MIPA Universitas Brawijaya*.
- Ulbricht, Mathias. (2006). Advanced Functional Polymer Membranes. *Journal of Polymer* 47, 2217-2262.
- Wongchitphimon, Sunee., Wang, Rong., Jiraratananon, Ratana., Shi, Lei., dan Loh, Chun Heng. (2011). Effect of PEG as an Additive on the Fabrication of PVDF-HFP Asymmetric Microporous Membranes. *Journal of Membrane Science* 369, 329-338.
- Yoruk, Ruhiye., dan Marshal, Maurice. (2003). Physiochemical Properties and Function of Plant Polyphenol Oxidase: A Review. *Institute of Food and Agriculture Science, Food Science dan Human Nutrition Dept Journal*.
- Zhao, Dongjun., Lau, Evonne., Huang, Shan., dan Moratu, Carmen I., (2015). The Effect of Apple Cider Characteristics and Membrane Pore Size on Membrane Fouling. *LWT-Food Science dan Technology* 64, 974-979.
- Zheng, Yu-Ming., Zou, Shuai-wen., Nadeeshani, K.G., Matsura, Takeshi., dan Chen, J.Paul. (2011). Adsorptive Removal of Arsenic from Aqueous Solution by a PVDF/Zirconia Blend Membrane. *Journal of Membrane Science* 374, 1-11.
- Zheng, Zibing., Wu, Zhenjun., Zhang, Yong., Wei, Yuansong., dan Wang, Jun. (2015). Effect of Non-Solvent Additives on the Morphology, Pore Structure, and Direct Contact Membrane Distillation Performance of PVDF-CTFE Hydrophobic Membranes. *Journal of Environmental Sciences* 649, 1-12.
- Zuo, Dan-Ying., Xu, You-yi., Zu, Wei-lin., dan Zou, Han Tao. (2008). The Influence of PEG Molecular Weight on Morphologies and Properties of PVDF Asymmetric Membranes. *Chinese Journal of Polymer Science* 26, 405-414.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Shatila Jihadiyah Fitri, dilahirkan di Bangkalan, 17 Maret 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan fomal yaitu di SDN Demangan 1 Bangkalan (2000-2006), SMP Negeri 1 Bangkalan (2006-2009), dan SMA Negeri 1 Bangkalan (2009-2012). Penulis diterima di Jurusan Kimia ITS dan terdaftar dengan NRP 1412100099. Selama kuliah, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Kimia ITS sebagai

staf Chemistry Week (2013-2014), BEM ITS sebagai asisten dirjen Multimedia Kreatif Kementrian Komunikasi dan Informasi, dan IKAHIMKI sebagai staf pusat Departemen Informasi dan Komunikasi. Selama masa studi di ITS Surabaya, penulis dalam kegiatan nonakademik di bidang hubungan internasional, komunikasi, dan jurnalistik, salah satunya sebagai perwakilan BEM ITS untuk pembuatan *Memorandum of Understanding* dengan *Engineering Student Council of Chulalongkorn University, Thailand*. Beberapa prestasi yang dicapai adalah delegasi Indonesia untuk Asian Engineering Student Network (AESN) 2015 di Bangkok, Thailand sekaligus menjadi Juara I dalam *Cultural Performance*, delegasi Indonesia untuk ASEAN Youth Exchange Program (AYEP) 2015 di Bangkok, Thailand, dan terpilih sebagai mahasiswa *Student Exchange Program* di Fatih University, Istanbul untuk *Fall Semester 2015*. Penulis juga mendapatkan beasiswa studi dari PPA tahun 2013-2014, dan General Electric Foundation Scholars Leaders Program (GE-FSLP) tahun 2014-2016. Dalam studinya, penulis mengambil bidang minat Kimia Material dan Energi dalam menyelesaikan Tugas Akhir jenjang S1 di bawah bimbingan Nurul Widiastuti, M.Si., PhD. Segala kritik dan saran untuk penulis dapat dihubungi melalui email shatilaalgaiff@gmail.com.